Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

СБОРНИК КОНКУРСНЫХ НАУЧНЫХ РАБОТ СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ

Часть I

Брест 2013

УДК 624;628;+338:339

Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов.

Рецензент: директор УНИиОКП «НТЦ» А.Я. Найчук, д.т.н.

Сборник охватывает широкий спектр проблемных областей строительства, архитектуры, экономики, машиностроения, ЭВМ и систем, а также общественных и социально-экологических проблем.

Издаётся в 2 частях. Часть 1.

ISBN 978-985-493-255-2 (ч.I)
ISBN 978-985-493-254-5

Редакционная коллегия: главный редактор: к.ф-м.н., доцент В.С. Рубанов;
зам. главного редактора: к.т.н., профессор Шведовский П.В.;
зам. главного редактора: к.т.н., профессор Муравьёв Г.Л.

Члены редколлегии: к.т.н., доцент Кондыбо С.Н.
к.т.н., доцент Костюк Д.А.
к.т.н., доцент Мешик О.П.
к.т.н., доцент Монтик С.В.
ст. преподаватель Хомицкая Т.Г.

УДК 624;628;+338:339

ISBN 978-985-493-255-2 (ч.I)
ISBN 978-985-493-254-5

© Издательство БрГТУ, 2013

ПРОБЛЕМЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 631.6
Анисенко О.Н.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Васильев В.В.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ СЛУЦКОГО РАЙОНА И ПУТИ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ

На 1 января 2010 г. общая площадь осушенных земель составила 3425,7 тыс. гектаров. Среди осушенных земель 2915 тыс. гектаров занимают сельскохозяйственные земли (из них пахотные – 1258,9 тыс. гектаров, луговые – 1651,3 тыс. гектаров), 327,9 тыс. гектаров – лесные и 182,8 тыс. гектаров – другие (дороги, застройки, покрытие древесно-кустарниковой растительностью) [1]. Экономическая эффективность использования мелиорируемых земель определяется, прежде всего, их продуктивностью, т.к. от нее зависят все важнейшие показатели экономической эффективности сельскохозяйственного производства: производительность труда, себестоимость сельскохозяйственной продукции, фондоотдача, прибыль и в конечном итоге рентабельность отраслей растениеводства и животноводства. Поскольку основным показателем оценки продуктивности земли является урожайность культур, нами были проведены исследования по изучению влияния на ее уровень факторов внешней среды и выявлению наиболее важнейших из них.

При изучении закономерностей формирования урожая культур широко используются математические методы анализа, в частности двух- и многофакторный регрессионный и дисперсионный анализы, позволяющие рассматривать сложные взаимосвязи факторов в комплексе. Это свидетельствует о более высоком уровне экономических исследований. Метод статистических группировок является весьма важным звеном в общей схеме многофакторного экономико-статистического анализа, позволяющим установить наличие и дать общую оценку взаимосвязи факторов и результата. Чтобы убедиться в этом, нами проведено сравнение двух методов анализа продуктивности: статистических группировок и корреляционного.

Поскольку мелиорированные земли – это пониженные участки рельефа, то большой ущерб урожаю наносят часто повторяющиеся поздневесенние и раннеосенние заморозки. Более подвержены заморозкам сельхозкультуры на осушенных торфяно-болотных почвах. По этой причине с определенным риском здесь связано возделывание не только пропашных, но и зерновых культур [2].

Эффективность использования осушенных земель в Слуцком районе определялась по результатам работы хозяйств за 2011–2012 гг., которые были разделены на 3 группы по удельному весу осушенных земель в общей площади сельхозугодий. В первую группу включены хозяйства, имеющие до 36%, во вторую – от 36 до 51% и в третью – свыше 51% осушенных земель (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние уровня мелиорированности почв на эффективность сельскохозяйственного производства

Показатели	Группа хозяйств по удельному весу осушенных земель в общей площади сельхозугодий			III группа в % к I группе
	до 36%	36–51%	свыше 51%	
Количество хозяйств в группе	7	8	8	–
Удельный вес осушенных земель в общей площади сельхозугодий, %	31,9	44,5	67,5	211,6
Выход к.ед. с 1 га, ц.к.ед.	6,05	6,2	4,2	69,4
Качественная оценка сельхозугодий, балл	40,9	35,8	31,1	76,04
Стоимость ОПФ с/х назначения на 1 га сельхозугодий, млн. руб.	0,35	0,39	0,51	145,7

Продолжение таблицы 1

Энергетическая мощность на 1 га сельхозугодий, л.с	3,33	3,49	2,83	84,9
Внесено минеральных удобрений на 1 га сельхозугодий, кг.д.в.	3,34	2,97	2,76	82,6
Внесено органических удобрений на 1 га сельхозугодий, т	8,49	8,23	9,24	108,8
Урожайность зерновых, ц/га	39,6	38,6	30,6	77,3

Как видно из таблицы 1, хозяйства III группы, имеющие больший удельный вес осушенных земель, имеют ниже продуктивность по сравнению с хозяйствами первой группы, которая составляет 69,4%. Урожайность зерновых в третьей группе составляет 77,3% от урожайности в первой группе, при большей стоимости ОПФ сельскохозяйственного назначения и большем количестве внесенных минеральных удобрений. Учитывая, что изолированная группировка по любому отдельно взятому фактору приводит к сильному искажению связи группировочного признака с результативным и оценку эффективности отдельно взятого фактора можно дать лишь на выровненном фоне других существенных факторов, нами была построена многофакторная корреляционная модель. Уравнение множественной регрессии, полученное в результате корреляционного анализа, имеет следующий вид:

$$y_x = -5,49 - 0,143\ x_1 + 0,027\ x_2 + 24\ x_3 + 0,169\ x_4 + 0,883\ x_5 + 0,249\ x_6. \quad (1)$$

Факторы, включенные в модель:

x_1 – удельный вес осушенных земель в общей площади сельхозугодий, %;

x_2 – качественная оценка сельхозугодий, баллы;

x_3 – стоимость основных производственных фондов сельскохозяйственного назначения, млн. руб.;

x_4 – энергетическая мощность на 1 га сельхозугодий, л.с;

x_5 – внесено минеральных удобрений на 1 га сельхозугодий, кг.д.в.;

x_6 – внесено органических удобрений на 1 га сельхозугодий, т.

В качестве результативного признака (y) принят обобщенный показатель по выходу центнеров кормовых единиц с 1 га сельхозугодий.

Анализируя данную модель можно прийти к выводу, что увеличение удельного веса осушенных земель в общей площади сельхозугодий на 1% приведет к уменьшению продуктивности сельскохозяйственных угодий на 0,143 ц.к.ед. с гектара. Продуктивность повысится при дополнительном внесении минеральных и органических удобрений, а повышение качественной оценки сельскохозяйственных угодий на 1 балл приведет к росту их продуктивности на 0,027 ц.к.ед. с гектара. Также следует отметить, что коэффициент множественной корреляции равен 0,837, что свидетельствует о достаточно тесной связи между рассматриваемыми показателями и продуктивностью сельхозугодий. Из анализа данной модели видно, что проведение всех выше перечисленных мероприятий, за исключением увеличения удельного веса осушенных земель, приведет к увеличению продуктивности сельхозугодий.

К числу неучтенных в модели факторов, но имеющих немаловажное значение для дальнейшего повышения продуктивности земель, следует отнести совершенствование проводимых мелиоративных мероприятий, внедрение высокоурожайных сортов и научно обоснованных севооборотов, широкое применение прогрессивных технологий, агротехнических и химических способов борьбы с сорняками. Большую роль в повышении плодородия и продуктивности мелиорированных земель играют оптимизация структуры использования, совершенствование системы удобрений и обработки почв, создание

благоприятного водного режима. На минеральных землях эффективно также щелевание, кротование и разуплотнение пахотного слоя. Комплекс этих агромелиоративных мероприятий позволяет значительно улучшить водно-воздушный режим почв в понижениях и тем самым существенно дополняет агротехнические меры. Широкое распространение должны получить адаптированные к различным условиям осушаемых земель ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых, кормовых культур и картофеля, в основе которых лежат соответствующие агромелиоративные приемы обработки почвы, размещение растений на профилированной поверхности (гребневой, грядковой, гребешковой), учитывающие культуртехническое состояние угодий и ресурсные возможности хозяйств. Необходима серьезная и кропотливая работа по уточнению специализации и структуры посевных площадей, которые уже не являются адекватными природным условиям. Нужна дальнейшая проработка и внедрение зональных систем земледелия внутри областей и районов республики, имеющих мелиорированные земли [3].

Список цитированных источников

1. Государственная программа сохранения и использования мелиорированных земель на 2011–2015 гг. Утверждена Постановление Совета Министров РБ 31.08.2010. №1262. – Минск: Беларусь, 2010. – 20 с.

2. Стратегия экологобезопастной реконструкции мелиоративных систем и повышения продуктивности мелиорированных земель Полесья: государственная программа и предложения по ее решению / Научно-аналитический доклад. Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук №4. Мясникович М.В., Гусаков В.Г., Лиштван И.И, Лихацевич А.П., 2002.

3. Некоторые пути повышения эффективности использования мелиорированных земель / Проблемы повышения плодородия почв, эффективности удобрений и средств защиты растений. Ч.1. Проблемы воспроизводства почвенного плодородия: Материалы международной научно-практической конференции. Васильев В.В., Шавлинский О.А. – Горки: БГСХА, 2003. – С. 165 – 167.

УДК 628.316

Анисимов А.С.

Научные руководители: к.т.н., доцент Белов С.Г., ассистент Наумчик Г.О.

ВЛИЯНИЕ УДЕЛЬНОЙ ДОЗЫ ОЗОНА НА ХПК ПРОДУКТОВ ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ

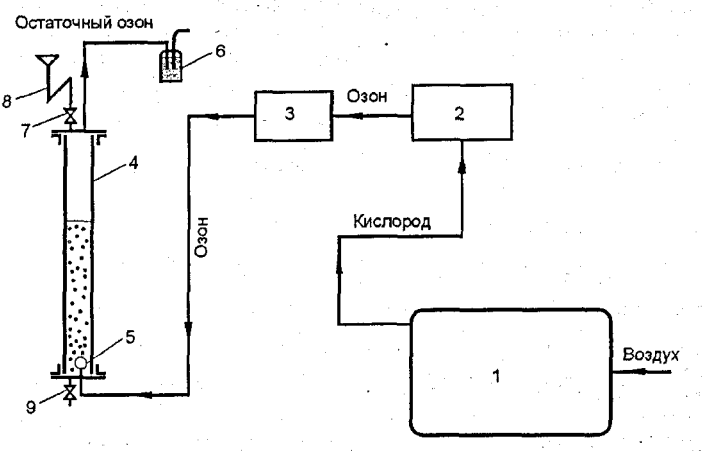
Введение

Сточные воды текстильных предприятий содержат красители, тестильно-вспомогательные вещества, минеральные соли, кислоты, остатки текстильных волокон. Как правило, они являются интенсивно окрашенными и имеют высокий показатель химического поглощения кислорода (ХПК). Для приведения данных показателей до норм сброса одним из наиболее эффективных методов является озонирование.

Высокая эффективность применения озона для очистки сточных вод предприятий легкой промышленности заключается в том, что озон наиболее энергично взаимодействует с ненасыщенными связями. Практически все органические красители и большинство текстильно-вспомогательных веществ являются производными ароматических соединений, т.е. их молекулы построены на основе бензоидных, нафталиновых, антраценовых, гетероциклических и т.п. структур, т.е. содержат ненасыщенные связи. При разрушении ненасыщенных связей озоном продукты реакции являются алифатическими оксисоединениями, такими как альдегиды, кетоны, органические кислоты. С увеличением глубины деструкции органических соединений, происходит снижение ХПК. В данной работе была исследована зависимость ХПК различных классов органических красителей от удельной дозы озона, вводимой при озонировании.

Методическая часть

Деструкция исследуемых красителей под воздействием озона осуществлялась методом точного дозирования озона в виде водного раствора. Раствор озона получался барботированием через пористую насадку озоно-кислородной смеси в стеклянной колонке высотой 1,5 м., заполненной дистиллированной водой. Схема установки показана на рис. 1.



1 – концентратор кислорода Atmung oxy 6000; 2 – озонатор PLATON 10/2; 3 – озонометр МЕДОЗОН 254/5; 4 – контактная колонка; 5 – диспергатор; 6 – деструктор остаточного озона; 7 – вентиль для заливки воды; 8 – гидравлический затвор; 9 – вентиль для отбора озонированной воды

Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

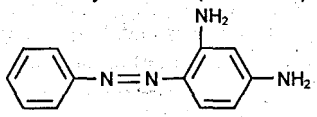
Кислород (концентрация кислорода 95%), вырабатываемый концентратором кислорода 1 поступает в озонатор 2, где вырабатывается озон. Озоно-кислородная смесь подается в контактную колонку 4 через диспергатор 5, при этом вода насыщается озоном. Озонированная вода из контактной колонки 4 отбирается с помощью вентиля 9. Новые порции воды в контактную колонку 4 вводятся через гидравлический затвор 8 с помощью вентиля 7.

Объектами исследований являлись растворы органических красителей в дистиллированной воде. Эксперимент осуществлялся следующим образом. Заданное количество органического красителя в виде концентрированного водного раствора заливали в стакан объемом 1 *л*, далее при непрерывном перемешивании вводили заданную дозу озона в виде его водного раствора в дистиллированной воде. После этого, при необходимости, доводили объем смеси растворов дистиллированной водой до 1 *л*. После проведения озонирования определялось ХПК продуктов реакции арбитражным методом.

Экспериментальная часть

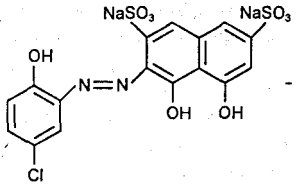
В работе было исследовано влияние удельной дозы озона на ХПК продуктов деструкции следующих красителей:

1. Хризоидин (принадлежит к классу моноазокрасителей).



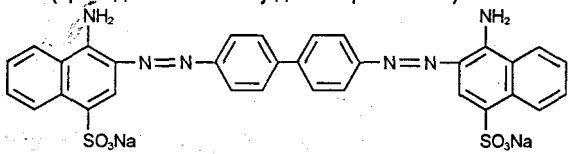
Хризоидин

2. Хромовый темно-синий (принадлежит к классу моноазокрасителей, содержит в своей молекуле остаток нафталина).



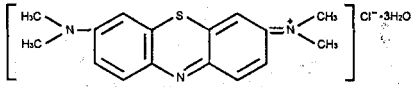
Хромовый тёмно-синий

3. Конго красный (принадлежит к классу дисазокрасителей).



Конго красный

4. Метиленовый синий (принадлежит к классу тиазиновых красителей).



На рисунке 2 представлены зависимости ХПК растворов рассматриваемых красителей, с исходной концентрацией 100 *мг/л* от удельной дозы озона.

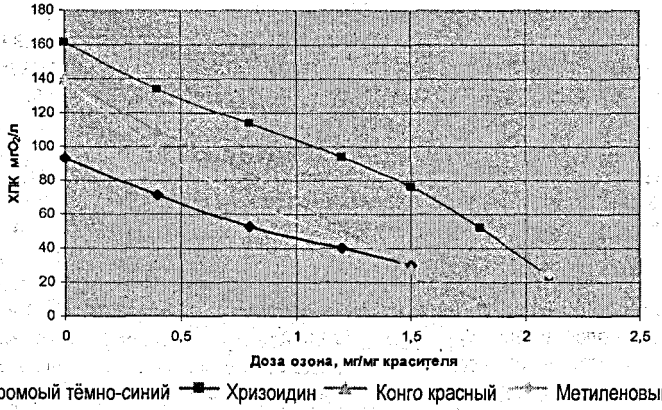


Рисунок 2 – ХПК продуктов деструкции красителей в зависимости от удельной дозы озона

Данные, представленные на рисунке показывают, что при увеличении удельной дозы озона ХПК растворов красителей сильно снижается. Остаточное ХПК данных растворов составляло не более 30 *мг O_2/л* при максимальной удельной дозе озона, примененной в данном исследовании. Для различных красителей максимальная удельная доза озона отличалась, поскольку она определялась исходя из условия полного реагирования введенного озона с красителем в течении времени реакции 15 минут.

Теоретически при высокой удельной дозе озона возможна полная деструкция органических веществ до CO_2 и H_2O. Однако для этого необходимы очень высокие удельные дозы озона и длительное время реакции, поскольку конечными продуктами деструкции являются органические кислоты, очень медленно реагирующие с озоном.

Заключение

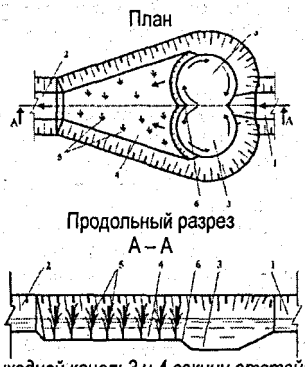
Выполненные исследования показывают, что озон является эффективным реагентом для очистки сточных вод предприятий легкой промышленности от красителей по таким показателям как интенсивность окраски и показатель ХПК. Данные показатели строго регламентируются, за их превышение предусмотрены штрафные санкции для предприятий. Поэтому такой метод очистки сточных вод, как озонирование необходимо широко внедрять.

УДК 626.860.4

Багель И.А.
Научный руководитель: доктор с.-х. наук, доцент Желязко В.И.

СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ВОДОПРИЕМНИКАХ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Анализ литературных источников [1, 2, 3 и др.] показывает, что мелиоративные системы оказывают влияние на природную среду, в том числе и негативное. Поэтому мелиоративные системы должны дополняться специальными природоохранными сооружениями и мероприятиями. Большой водоохранный эффект дает применение специальных отстойников, которые устраиваются на магистральных каналах (рис. 1).



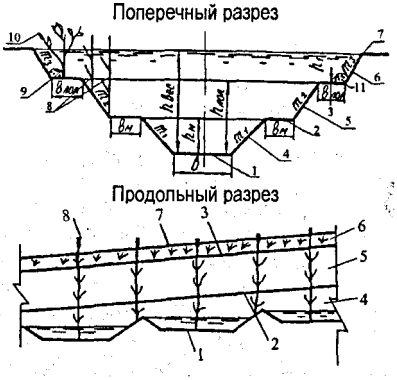
1 – входной канал; 2 – выходной канал; 3 и 4 секции отстойника; 5 – высшая водная растительность; 6 – струенаправляющую грань

Рисунок 1 – Гравитационно-биологический отстойник для очистки загрязненных вод [5]

Для улучшения условий очистки воды в таких отстойниках культивируют высшую водную растительность (ВВР), обладающую высокой поглотительной способностью относительно биогенных элементов, соединений тяжелых металлов и других загрязнителей. В частности, в 1 кг воздушно-сухой массы тростника обыкновенного накапливается 20–26 г азота, 10 – 20 г фосфора, 10 – 30 г калия. Учитывая то, что высшая водная растительность нормально развивается при определенных (различных для каждого вида макрофитов) уровнях воды, их культивируют на специальных мелководных участках или бермах. Доочистку возвратных вод можно выполнять и в процессе транспортировки их по

проводящей сети. Для этой цели можно применять специальные биомелиоративные каналы [5]. Схематично конструкция канала приведена на рис.2.

Особенностями данной конструкции является то, что в канале трапецеидальной формы поперечного сечения выполняют две бермы: нижнюю – на отметке горизонта воды в бытовой период и верхнюю – на отметке горизонта воды в период летне-осеннего дождевого паводка. На дне канала, выполненного с чередованием участков с прямым, нулевым и обратным уклоном, но со средним уклоном в сторону водоприемника, осуществлена посадка ВВР (например, рогоза узколистного). На нижней берме и откосах канала, расположенных между нижней и верхней бермой, осуществлена посадка осоковых, на верхней берме – посадка кустарниковой растительности. Она препятствует попаданию в канал во время снеготаяния и ливней пожнивных остатков и других крупных загрязнителей. Кроме того, образующийся на них прикорневой валик у кустарника на берме не препятствует попаданию в канал поверхностного стока, а служит дополнительным фильтром.



1 – дно; 2 – нижняя берма; 3 – верхняя берма; 4, 5 – откосы; 6 – бровка; 7, 8, 9, 10 – высшие водные растения; 11 – валик; 12 – уровень воды при пропуске Qбыт; 13 – уровень воды при пропуске Qлоп; 14 – максимальный расчетный уровень воды; в – ширина биоканала по дну; вм – ширина бермы при пропуске бытовых расходов (Qбыт); влоп – ширина бермы при пропуске летне-осенних дождевых паводков; hм – уровень в бытовой период; hлоп – уровень воды при пропуске летне-осенних дождевых паводков; hвес – уровень воды при пропуске весеннего половодья; m1, m2, m3 – коэффициенты заложения откосов

Рисунок 2 – Конструкция биоканала [4]

Работоспособность предлагаемой конструкции проверялась в полевых условиях. В качестве основного макрофита использовался рогоз узколистный. Общая длина участков с данным видом высшей водной растительности составляла 55 м. Результаты проведенных наблюдений установлено, что биомелиоративный канал обладает высокой очистительной способностью и может быть использован для очистки загрязненных вод. Основная очистка в канале происходит в бытовой период, так как в паводковые периоды из-за разбавления чистой водой концентрация вредных веществ в стоке обычно значительно меньшая. Поверхностный сток, поступающий в канал через его бровку, проходит многоступенчатую предварительную очистку (в основном от взвешенных веществ) на откосах и бермах канала. Поэтому снижается вероятность заиления его русла на нулевых и отрицательных участках уклона. При прохождении летне-осеннего дождевого паводка затапливается нижняя берма, благодаря чему резко увеличивается площадь живого сечения потока без значительного увеличения его глубины и скорости движения,

поэтому ВВР на дне канала полностью не затапливается и не повреждается. Весенний паводок проходит во вневегетационный период, поэтому его уровень не лимитирован жизнедеятельностью ВВР. Во вневегетационный период (зимний) надземную и надводную массу ВВР сжигают или скашивают, чем предотвращается избыточное накопление на дне канала отмерших органических остатков.

Список цитированных источников

1. Афанасик, Г.И. Анализ гидродинамической обстановки на водосборах и прогноз влияния антропогенных воздействий на природные комплексы / Г.И. Афанасик, Э.Н. Шкутов // Мелиорация переувлажненных земель: сб. науч. раб. – БелНИИМиЛ, 1996. – Т. 43. – С. 43–54.
2. Карловский, В.Ф. Экологические аспекты мелиорации // Проблемы теории и практики осушительной мелиорации. – Минск, 1996. – С. 8–11.
3. Бездинна, С.Я. Система экологического нормирования качества оросительной воды // Мелиорация и водное хозяйство. – 1994. – № 4. – С. 13–15.
4. Мажайский, Ю.А. Мелиоративный биоканал для очистки загрязненных поверхностных и дренажных вод / Ю.А. Мажайский, В.И. Желязко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2002. – № 5. – С. 41–42.

УДК 667.637.222:625.75

Воробей А.П., Матченя А.В.
Научный руководитель: доцент Тур Э.А.

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР АКРИЛОВЫХ АНТИКОРРОЗИОННЫХ КРАСОК

Защита от коррозии стальных конструкций является важнейшей практической задачей. Согласно международному стандарту ISO 8044 под коррозией понимают физико-химическое или химическое взаимодействие между металлом (сплавом) и средой, приводящее к ухудшению функциональных свойств металла (сплава), среды или включающей их технической системы. На поверхности стальных конструкций в результате коррозии образуется ржавчина – слой частично гидратированных оксидов железа. Имеется большое количество различных состояний поверхности металла, которые требуют защиты от коррозии. Расположение объекта, его возраст, степень разрушения металла, качество поверхности, тип агрессивных воздействий, количество дефектов, свойства старого покрытия – это факторы, которые оказывают влияние на подготовку поверхности и выбора системы защиты металла от коррозии.

В настоящее время разработаны и внедрены в строительстве, на предприятиях машиностроительной и других отраслей промышленности многочисленные способы защиты от коррозии: гальванические покрытия, ингибиторы, защитные смазки, металлизация, электрохимическая катодная и анодная защита и разнообразные лакокрасочные покрытия.

На лакокрасочные покрытия ложится главная ответственность за защиту от коррозии, так как ими защищают более 80% поверхностей всех металлических изделий, начиная от детских игрушек и кончая огромными океанскими лайнерами. Эффективность применения лакокрасочных покрытий целесообразна при условии долговечности эксплуатации не более 10 лет и скорости коррозии металла до 0,05 мм/год. Если требуется повышение долговечности или скорость коррозии металла составляет 0,5-1,0 мм/год, то следует применять комбинированные покрытия.

Защита металла от коррозии заключаются в создании на поверхности металлического изделия сплошной беспористой пленки, которая препятствует агрессивному воздействию окружающей среды и предохраняет металл от разрушения. Краски должны обладать низкой газо- и паропроницаемостью, водонепроницаемостью. Покрытие поверхности металла лакокрасочным слоем не исключает коррозию, а служит для нее лишь пре-

градой, а значит, лишь тормозит процесс коррозии. Именно поэтому важное значение имеет качество покрытия – толщина слоя, пористость, равномерность, проницаемость, способность набухать в воде, прочность сцепления (адгезия).

Качество покрытия зависит от тщательности подготовки поверхности и способа нанесения защитного слоя. Окалина и ржавчина должны быть удалены с поверхности покрываемого металла. В противном случае они будут препятствовать хорошей адгезии покрытия с поверхностью металла. Низкое качество покрытия нередко связано с повышенной пористостью. Часто она возникает в процессе формирования защитного слоя в результате испарения растворителя и удаления продуктов отверждения и деструкции (при старении пленки). Поэтому обычно наносят не один толстый слой, а несколько тонких слоев покрытия. Во многих случаях увеличение толщины покрытия приводит к ослаблению адгезии защитного слоя с металлом. Большой вред наносят воздушные полости, пузыри. Они образуются при низком качестве выполнения операции нанесения покрытия [1].

В зависимости от состава пигментов и пленкообразующей основы лакокрасочные покрытия могут выполнять функции барьера, пассиватора или протектора.

Барьерная защита – это механическая изоляция поверхности. Нарушение целостности покрытия даже на уровне появления микротрещин предопределяет проникновение агрессивной среды к основанию и возникновение подпленочной коррозии.

Пассивация поверхности металла с помощью лакокрасочных материалов (ЛКМ) достигается при химическом взаимодействии металла и компонентов покрытия. К этой группе относят грунты и эмали, содержащие фосфорную кислоту (фосфатирующие), а также составы с ингибирующими пигментами, замедляющими или предотвращающими процесс коррозии.

Протекторная защита металла достигается добавлением в материал покрытия порошковых металлов, создающих с защищаемым металлом донорские электронные пары. Для стали таковыми являются цинк, магний, алюминий. Под действием агрессивной среды происходит постепенное растворение порошка добавки, а основной материал коррозии не подвергается [2].

В этой связи, интерес представляла разработка краски и грунтовки на основе акриловых сополимеров белого, чёрного и серого цветов, так как эти цвета чаще всего используют при защите стальных конструкций в строительстве и на различных производствах. Авторы спроектировали систему «краска – грунтовка», предназначенную для антикоррозионной и защитно-декоративной отделки стальных поверхностей, подвергающихся атмосферному воздействию в зонах умеренного, умеренно-холодного и холодного климатов. Комплексное покрытие должно формироваться при естественных условиях и обеспечивать эффективную барьерную защиту металла. Краску следует применять в комплексе с грунтовкой в качестве окончательного покрытия. Грунтовка содержит специальные наполнители и функциональные добавки, ингибирующие коррозионные процессы, обеспечивает хорошую межслойную адгезию.

Краски и грунтовки антикоррозионные акриловые (далее: краски и грунтовки) белого, чёрного и серого цвета представляют собой однокомпонентные органоразбавляемые лакокрасочные материалы холодного нанесения – суспензии высокодисперсных пигментов и минеральных наполнителей в лаках, содержащие органические растворители, полимерные смолы, функциональные добавки (пластификаторы, диспергаторы, стабилизаторы, загустители). Комплекс грунтовка-краска после полного высыхания образует твердое непрозрачное лакокрасочное покрытие барьерного типа; требует тщательной подготовки поверхности (вторая степень очистки по ТКП 45-5.09-33-2006).

Краски и грунтовки предназначены для нанесения на очищенные от окалины, ржавчины и старых лакокрасочных покрытий металлические поверхности с целью их защиты от агрессивного воздействия атмосферных осадков (влага, дожди, соли).

Перечень использованного сырья приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень использованного сырья

№	Наименование компонента
1	Сополимер акриловый
2	Органический растворитель с преобладанием ароматических углеводородов: сольвент + толуол нефтяной
3	Регулятор качества поверхности
4	Пластификатор - три(октил/децил)меллитат
5	Диспергирующий агент
6	Функциональная добавка: смесь ортофосфата цинка и оксида цинка
7	Микротальк
8	Диоксид титана рутильной формы
9	Микромраморный наполнитель – карбонат кальция молотый (d=1,5 мкм)
10	Диоксид кремния мелкодисперсный – агент реологии
11	Сульфат бария
12	Слюда
13	Пигмент черный железооксидный
14	Глина монтмориллонитовая или бентонитовая
15	Смола эпоксидная

Рецептуры разработанных антикоррозионных красок и грунтовок белого, чёрного и серого цветов приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Рецептуры антикоррозионных красок

№	Наименование компонента	Массовая доля нелетучих веществ, %		
		краска		
		белая	чёрная	серая
1	Сополимер акриловый	28,0	28,0	28,0
2	Органический растворитель с преобладанием ароматических углеводородов (сольвент + толуол нефтяной)	36,0	36,0	36,0
3	Регулятор качества поверхности	0,3	0,3	0,3
4	Пластификатор	3,0	3,0	3,0
5	Диспергирующий агент	0,5	0,5	0,5
6	Микротальк	5,0	5,0	5.0
7	Диоксид титана	15,0	-	10,0
8	Микромраморный наполнитель	6,9	11,9	6,9
9	Диоксид кремния мелкодисперсный	0,3	0,3	0,3
10	Слюда	5,0	5,0	5,0
11	Пигмент черный железооксидный	-	10,0	5,0

Разработка рецептуры включает в себя не только технологию изготовления материалов, включая последовательность введения компонентов, но и получение материала с планируемыми физико-химическими показателями, многократное определение этих показателей.

В качестве пассивирующего агента в состав рецептуры грунтовки входит композиция, состоящая из ортофосфата цинка и оксида цинка. Кроме того, и краски и грунтовка содержат инертные пигменты: диоксид титана рутильной формы, полученный сульфатным методом, и пигмент чёрный железооксидный, а также мелкодисперсные наполнители (микротальк и слюду) для повышения укрывистости и сплошности плёнки.

Таблица 3 – Рецептуры антикоррозионных грунтовок

№	Наименование компонента	Массовая доля нелетучих веществ, %		
		Грунтовка		
		белая	чёрная	серая
1	Сополимер акриловый	18,0	18,0	18,0
2	Органический растворитель с преобладанием ароматических углеводородов (сольвент + толуол нефтяной)	26,0	26,0	26,0
3	Функциональная добавка	14,0	14,0	14,0
4	Пластификатор	2,0	2,0	2,0
5	Диспергирующий агент	0,7	0,7	0,7
6	Микротальк	6,0	6,0	6,0
7	Диоксид титана	9,0	-	6,0
8	Микромраморный наполнитель	7,1	9,1	7,1
9	Смола эпоксидная	2,0	2,0	2,0
10	Пигмент черный железооксидный	-	7,0	3,0
11	Сульфат бария	15,0	15,0	15,0
12	Глина монтмориллонитовая или бентонитовая	0,2	0,2	0,2

Использованное в рецептуре плёнкообразующее – сополимер бутилакрилата и метилметакрилата – создаёт беспористую эластичную твёрдую плёнку [3].

Известно, что основой любого лакокрасочного материала является плёнкообразующий полимер. Его назначение – образовывать когезионную плёнку на конкретной подложке (минеральной, металле, древесине, пластике), обладающую определённым комплексом свойств, а также связывать все нелетучие компоненты покрытия, в особенности пигменты и наполнители, в единую гармоничную композицию [4].

Акриловые сополимеры являются одним из современных плёнкообразователей для лакокрасочных материалов (ЛКМ). Они образуют долговечные УФ- и атмосферостойкие покрытия. Эти свойства наиболее ценны для промышленных покрытий: фасадных и интерьерных красок, антикоррозионных ЛКМ для различных металлических поверхностей.

Технические характеристики акрилового сополимера бутилакрилата и метилметакрилата приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики акрилового сополимера

Наименование показателя	Величина показателя
Температура стеклования Tc,°C	65±2
Среднемассовая молекулярная масса, Mw	60000±5000
Степень полидисперсности, Mw / MN	1,7
Кислотное число 40%-ного раствора в толуоле, мг KOH/г	6,4
Вязкость 40%-ного раствора в толуоле по вискозиметру Брукфилда RV DV-II (шпиндель 2, скорость 60 об/мин, 25°C), мПа·с	400-450
Твердость высохшей плёнки на стекле по маятниковому прибору ТМЛ, маятник А (по Кёнигу), абс. ед.	18

Краски и грунтовки были изготовлены на лабораторном диссольвере.

В результате проектирования составов композиций и лабораторных исследований разработаны экологически полноценные рецептуры антикоррозионных красок и грунтовок, не содержащие сиккативов и токсичных компонентов, отличающиеся своей технологичностью.

Список цитированных источников

1. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке; пер. с англ. под ред. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.

2. Стойе, Д. Краски, покрытия и растворители / Д. Стойе, В. Фрейтаг; пер. с англ. под ред. Э.Ф. Ицко. – СПб.: Профессия, 2007. – 528 с.

3. Яковлев, А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий / А.Д. Яковлев. – Л.: Химия, 1981. – 352 с.
4. Зотова, Н.С. Применение акриловых смол при производстве лакокрасочных материалов / Н.С. Зотова // Лакокрасочная промышленность. – 2008. – №9. – С. 20-21.
5. Антикоррозионные покрытия строительных конструкций зданий и сооружений. Правила устройства: ТКП 45-5.09-33-2006.

УДК 667.637.222:625.75
Воробей А.П., Матченя А.В.
Научный руководитель: доцент Тур Э.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АНТИКОРРОЗИОННЫХ АКРИЛОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Защита металла от коррозии заключаются в создании на поверхности металлического изделия сплошной пленки, которая препятствует агрессивному воздействию окружающей среды и предохраняет металл от разрушения. Краски должны обладать низкой газо- и паропроницаемостью, водонепроницаемостью. Покрытие поверхности металла лакокрасочным слоем не исключает коррозию, а служит для нее лишь преградой, а значит, лишь тормозит процесс коррозии. Именно поэтому важное значение имеет качество покрытия – толщина слоя, пористость, равномерность, проницаемость, способность набухать в воде, прочность сцепления (адгезия). Качество покрытия зависит от тщательности подготовки поверхности и способа нанесения защитного слоя. Окалина и ржавчина должны быть удалены с поверхности покрываемого металла. В противном случае они будут препятствовать хорошей адгезии покрытия с поверхностью металла [1].

Низкое качество покрытия нередко связано с повышенной пористостью. Часто она возникает в процессе формирования защитного слоя в результате испарения растворителя и удаления продуктов отверждения и деструкции (при старении пленки). Поэтому обычно наносят не один толстый слой, а несколько тонких слоев покрытия. Во многих случаях увеличение толщины покрытия приводит к ослаблению адгезии защитного слоя с металлом. Большой вред наносят воздушные полости, пузыри. Они образуются при низком качестве выполнения операции нанесения покрытия [2].

Исследования спроектированных антикоррозионных красок и грунтовок для стальных конструкций проводили стандартными методами [3].

Все физико-механические показатели (за исключением укрывистости) определяли для неразбавленной краски и грунтовки. Для определения укрывистости краску разводили комплектующим растворителем (толуолом) до условной вязкости 40-45 с по ВЗ-246 с соплом Ø 4 мм. Перед испытанием краску и грунтовку размешивали и определяли условную вязкость, массовую долю нелетучих веществ, плотность и степень перетира. Для определения остальных показателей краску и грунтовку наносили кистью или аппликатором на подготовленные пластинки.

Пластинки – подложки для нанесения краски и грунтовки подготавливали согласно [3]. Цвет покрытия, внешний вид покрытия, время высыхания, массовую долю нелетучих веществ, укрывистость, коэффициент диффузного отражения, блеск и твердость определяли на стекле для фотографических пластинок размером (90х120х2)±1 мм.

Стойкость к статическому воздействию воды, 3%-ного водного раствора хлорида натрия, бензина и индустриального масла, устойчивость покрытия к воздействию переменных температур определяли на пластинках из листовой холоднокатанной стали марок 08 кп размером (150х150х2)±1 мм. Прочность покрытия при ударе и адгезию к стали определяли на пластинках из листовой холоднокатаной стали марки 08 кп размером (90х120)±1 мм, толщиной 0,8-1,0 мм.

Эластичность определяли на пластинках прямоугольной формы из алюминиевых листов и алюминиевых лент длиной 100-150 мм, шириной 20-50 мм, толщиной 0,25-0,32 мм.

Условную светостойкость покрытия определяли на чертёжной бумаге размером 100х200 мм.

Сопротивление паропроницанию определяли на образцах-подложках из цементобетона диаметром (100±1) мм или имеющих форму квадрата со стороной (100±1) мм, толщиной (10±1) мм.

Для определения цвета, внешнего вида, блеска, коэффициента диффузного отражения, адгезии, твёрдости краску и грунтовку наносили аппликатором в один слой на одну сторону пластинки. Для определения эластичности краску наносили кистью или аппликатором на одну сторону пластинки. Толщина сухого слоя составляла 60-80 мкм. Для определения времени высыхания краску и грунтовку наносили в один слой на одну сторону пластинки. Толщина сухого слоя составляла 60-80 мкм.

Для определения стойкости к статическому воздействию воды, 3%-ного водного раствора хлорида натрия, бензина и индустриального масла систему «грунт- краска» (грунтовку в один слой, краску в один слой) наносили на обе стороны пластинки, а также на боковые грани. Толщина сухого слоя грунтовки составляла 60-90 мкм. Толщина высохшего покрытия системы «грунт-краска» составляла 130-190 мкм. Для определения устойчивости покрытия к воздействию переменных температур систему «грунт- краска» (грунтовку в один слой, краску в один слой) наносили на обе стороны пластинки, а также на боковые грани. Толщина высохшего покрытия системы «грунт-краска» составляла 130-190 мкм.

Для определения условной светостойкости краску наносили в два слоя, общей толщиной сухого слоя 160-180 мкм.

Для определения прочности покрытия при ударе систему «грунт- краска» (грунтовку в один слой, краску в один слой) наносили на одну сторону пластинки. Толщина высохшего покрытия системы «грунт-краска» составляла 160-180 мкм.

Для определения сопротивления паропроницанию систему «грунт- краска» (грунтовку в один слой, краску в один слой) наносили на одну сторону пластинки. Толщина высохшего покрытия системы «грунт-краска» составляла 130-190 мкм. Продолжительность сушки каждого слоя – 24 ч при температуре (20±2)°С.

Для определения укрывистости краску наносили послойно. Толщина сухого слоя – 20 мкм. Первый и последующие слои сушили в течение 24 ч при температуре (20±2)°С. Толщину высохшего покрытия краски и грунтовки, а также системы «грунт-краска» измеряли микрометром типа МК-25-1 с погрешностью не более (±3) мкм.

Контроль остальных геометрических параметров (геометрических размеров и толщины подложки) производили штангенциркулем.

Количество образцов для испытания каждого показателя принимали не менее 3. Перед испытаниями образцы с покрытиями выдерживали: для определения цвета, внешнего вида, блеска, коэффициента диффузного отражения и эластичности – 24 ч; для определения прочности покрытия при ударе, твёрдости по маятниковому прибору, условной светостойкости и сопротивления паропроницанию – 48 ч; для определения стойкости к статическому воздействию воды, раствора едкого натра, бензина и индустриального масла – 120 ч при температуре (20±2)°С и относительной влажности 60-70%.

Цвет определяли при естественном или искусственном (с применением ламп дневного цвета) освещении. Образцы находились на расстоянии 30-50 см от глаз наблюдателя под углом зрения, исключающим блеск поверхности.

Внешний вид определяли визуально при естественном рассеянном свете. Образцы находились на расстоянии 30-50 см от глаз наблюдателя. На высохшем покрытии отсут-

ствовали кратеры, поры, морщины, трещины, пузыри, посторонние включения, видимые нарушения однородности, отслоение от подложки.

Массовую долю нелетучих веществ определяют согласно [3]. Навеску краски или грунтовки массой (2,0±0,2) г выдерживали в течение 3 ч в термошкафу при температуре (105±2)°С, после чего взвешивали. Последующее взвешивание осуществляли через каждые 30 мин до достижения постоянной массы.

Время высыхания определяли согласно [3]. Бумагу удаляли пинцетом. Этот способ не приводил к видимым повреждениям покрытия, при удержании бумаги на поверхности за счёт статического электричества.

Укрывистость определяли согласно [3] по методу шахматной доски. После полного укрытия окрашенную стеклянную пластинку сушили в течение 24 ч при температуре (20±2)°С и взвешивали с точностью до 0,002 г. Допускается горячая сушка первого и последующих слоёв при температуре (105±2)°С в течение 1 ч.

Блеск и коэффициент диффузного отражения определяли на приборе ФБ-2 с геометрией 45°/0°. Измерения производили согласно инструкции к прибору. Степень перетира определяли согласно [3].

Прочность покрытия при ударе определяли согласно [3] по прибору типа У-1 для системы покрытия, состоящей из одного слоя грунтовки и одного слоя краски. Твёрдость по маятниковому прибору ТМЛ (маятник А) определяли согласно [3]. Измерения производили согласно инструкции к прибору. Эластичность определяли согласно [3]. Дефекты, обнаруженные на расстоянии менее 2 мм от края образца, не учитывали.

Адгезию в баллах определяли согласно [3] (метод решетчатых надрезов). Размер единичного квадрата решетки, обеспечиваемый режущим инструментом, составлял 2×2 мм при общей толщине покрытия 60÷80 мкм. Для оценки адгезии применяли клейкую ленту типа «скотч».

Стойкость высушенного покрытия (системы «грунт – краска») к статическому воздействию воды определяли согласно [3], по методу А. В эксикатор с дистиллированной водой на специальных подставках, изготовленных из химически стойкого материала, вертикально помещали образцы на 2/3 высоты или целиком. Расстояние между образцами и стенками эксикатора составляло не менее 10 мм. После испытания покрытие выдерживали перед осмотром при температуре (20±2)°С в течение 30 мин. Не наблюдалось отслаивания покрытия от подложки, пожелтения, сморщивания, появления мелких и крупных пузырей. Наблюдалось только незначительное изменение цвета покрытия. Дефекты, обнаруженные на расстоянии менее 10 мм от края покрытия, не учитывали.

Стойкость высушенного покрытия (системы «грунт – краска») к статическому воздействию 3%-ного водного раствора хлорида натрия определяли согласно [3], по методу А. В эксикатор с раствором на специальных подставках, изготовленных из химически стойкого материала, вертикально помещали образцы на 2/3 высоты или целиком. Расстояние между образцами и стенками эксикатора – не менее 10 мм. После испытания покрытия выдерживали перед осмотром при температуре (20±2)°С в течение 30 мин. Не наблюдалось отслаивания покрытия от подложки, пожелтения, сморщивания, появления мелких и крупных пузырей. Наблюдалось лишь незначительное изменение цвета покрытия. Дефекты, обнаруженные на расстоянии менее 10 мм от края покрытия, не учитывали.

Стойкость высушенного покрытия (система «грунт – краска») к статическому воздействию бензина и индустриального масла определяли аналогично, согласно [3], по методу А. В эксикатор с бензином или индустриальным маслом на специальных подставках, изготовленных из химически стойкого материала, вертикально помещали образцы на 2/3 высоты. Расстояние между образцами и стенками эксикатора – не менее 10 мм. После

испытания покрытия выдерживали перед осмотром при температуре (20±2)°С в течение 30 мин. Не наблюдалось отслаивания покрытия от подложки, пожелтения, сморщивания, появления мелких и крупных пузырей, а также изменения цвета покрытия. Дефекты, обнаруженные на расстоянии менее 10 мм от края покрытия, не учитывали.

Устойчивость покрытия (система «грунт – краска») к воздействию переменных температур определяли согласно [3]. После испытания образцы-подложки с покрытиями выдерживали перед осмотром при температуре (20±2)°С в течение 2 ч. Не наблюдалось появления трещин, пузырей, пожелтения и отслаивания покрытия от подложки. Дефекты, обнаруженные на расстоянии менее 10 мм от края образца, не учитывали.

Условную светостойкость определяли согласно [3], метод 2. Покрытие облучали ртутно-кварцевой лампой типа ПРК-2 в течение 24 часов. Испытания проводили в течение 8 ч в сутки с максимальными перерывами не более 48 ч.

Сопротивление паропроницанию покрытия системы «грунт-краска» определяли согласно [3]. Толщина образцов-подложек не превышала 10 мм.

Удельное объёмное электрическое сопротивление системы «грунт-эмаль» определяли согласно [3]. Измерения производили при помощи прибора ПУС-1 в соответствии с инструкцией, приложенной к прибору. При испытаниях применяли измерительный и охранный электроды в виде фольги, притертой к поверхности образца.

Результаты испытаний красок (усреднённые значения) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты лабораторных испытаний красок

Наименование показателя	Величина показателя
1. Цвет покрытия	Белый, серый, чёрный
2. Внешний вид покрытия	Однородная, без кратеров, пор и морщин поверхность. Допускается незначительная шагрень.
3. Условная вязкость по вискозиметру ВЗ-246 (диаметр сопла d = 4 мм) при температуре (20±0,5)°С, с	40–160
4. Массовая доля нелетучих веществ, %	более 30
5. Время высыхания при естественной сушке до степени 3 при температуре (20±2)°С, ч	не более 24
6. Плотность, г/ см³	не менее 1,3
7. Укрывистость высушенного покрытия, г/м²	не более 100
8. Блеск, %	не менее 10
9. Коэффициент диффузного отражения высушенного покрытия (коэффициент яркости, белизна), %	не менее 75 для краски белого цвета
10. Степень перетира, мкм	не более 50
11. Прочность покрытия при ударе по прибору типа У-1 для системы «грунт-краска», см	не менее 25
12. Твердость покрытия по маятниковому прибору ТМЛ (маятник А), отн. ед.	не менее 0,2
13. Эластичность покрытия при изгибе, мм	не более 10
14. Адгезия к стали, баллы	не более 2
15. Стойкость высушенного покрытия (система «грунт-краска») к статическому воздействию воды при температуре (20±2)°С,ч	более 48
16. Стойкость высушенного покрытия (система «грунт-краска») к статическому воздействию 3%-ного водного раствора хлорида натрия при температуре (20±2)°С, ч	более 48
17. Стойкость высушенного покрытия (система «грунт-краска») к статическому воздействию бензина и индустриального масла при температуре (20±2)°С, ч	более 48
18. Устойчивость покрытия (система «грунт-краска») к воздействию переменных температур, циклов	более 10

Продолжение таблицы 1

19. Условная светостойкость покрытия (изменение коэффициента диффузного отражения), %	не более 5
20. Сопротивление паропроницанию (система «грунт-краска») покрытия, м²·ч·Па/мг	2,0–2,4

Удельное объёмное электрическое сопротивление системы «грунт-краска» (1 слой неразбавленной грунтовки вязкостью 100-110 с, 1 слой неразбавленной краски вязкостью 100-110 с по вискозиметру ВЗ-246) при температуре (20,0±0,5)°С находилось в пределах 0,8 – 1,5 х 10^{10} Ом·см = 0,8 – 1,5 х 10^{8} Ом·м.

Результаты испытаний грунтовок (усреднённые значения) приведены в таблице 2.

В результате проведенных исследований установлено, что комплексное покрытие «грунт-краска» сочетает в себе твердость, эластичность, прочность при ударе, стойкость к воздействию воды и водного раствора хлорида натрия, стойкость к воздействию бензина и индустриального масла, устойчивость к воздействию переменных температур (многократный переход через 0°С), высокую адгезию к стали.

Таблица 2 – Результаты лабораторных испытаний грунтовок

Наименование показателя	Величина показателя
1. Условная вязкость по вискозиметру ВЗ-246 (диаметр сопла d = 4 мм) при температуре (20±0,5)°С, с	40–160
2. Массовая доля нелетучих веществ, %	не менее 30
3. Время высыхания при естественной сушке до степени 3 при температуре (20±2)°С, ч	не более 24
4. Плотность, г/ см³	не менее 1,2
5. Степень перетира, мкм	не более 50
6. Эластичность покрытия при изгибе, мм	не более 10
7. Адгезия к стали, баллы	не более 2

Стабильность антикоррозионных красок и грунтовок при хранении определяли ускоренным методом. Образец краски или грунтовки помещали в металлическую тару объёмом 0,5 л и плотно укупоривали. Степень заполнения тары составляла около 80% её объёма. Затем образец ставили в термошкаф и выдерживали при температуре (60±2)°С в течение 120 ч. Перед осмотром материал охлаждали до температуры (20±2)°С в течение 2-3 ч. Аккуратно открывали крышку, осторожно погружали шпатель в ёмкость с краской или грунтовкой до дна, визуально оценивали наличие расслоения, образования осадка и/или других отклонений по сравнению с контрольным образцом, хранившимся при температуре (20±2)°С в течение 120 ч. Оценку производили в баллах. Критерии оценки состояния материала при визуальном осмотре приведены в таблице 3. Материалы, получившие оценку ниже 3 баллов, считали не выдержавшими испытание.

Антикоррозионные краски и грунтовки, изготовленные по рецептурам, приведенным в табл. 1 и табл. 2, успешно выдержали испытания и тест «стабильность при хранении».

Таким образом, было установлено, что разработанная авторами акриловая система «грунт-краска» для антикоррозионной защиты стальных конструкций устойчива к статическому воздействию воды, 3%-ного водного раствора хлорида натрия, бензина и индустриального масла при (20±2)°С более 72 ч, а также к действию переменных температур. Условная светостойкость белой краски составляет 0,8-1,2%, что гораздо ниже существующих норм для белых красок, применяемых для наружных работ (не более 5%) [4, 5].

Разумный баланс прочности комплексного покрытия при ударе (более 25 см), твёрдости по маятниковому прибору (более 0,2 отн.ед.) и эластичности при изгибе (8-10 мм) свидетельствует о сбалансированности рецептуры краски [6].

Таблица 3 – Критерии оценки стабильности при хранении

Баллы	Описание состояния материалаа
6	Идеальная композиция. Состояние материала не изменилось по сравнению с контрольным образцом.
5	Незначительное уменьшение вязкости материала в поверхностном слое, незначительное явление синерезиса (выступание акрилового полимера на поверхности). Отсутствие осадка. Материал легко перемешивается до первоначального состояния.
4	Незначительное явление синерезиса поверхностном слое. Незначительное образование мягкого, легко размешиваемого осадка. Материал без труда перемешивается до первоначального состояния.
3	Явление синерезиса в поверхностном слое. Образование размешиваемого осадка. Материал перемешивается до первоначального состояния с незначительными усилиями.
2	Явление синерезиса в поверхностном слое, разделение пигментов, выбеливание на поверхности материала. Образование твёрдого трудноразмешиваемого осадка. Перемешивание до однородной массы возможно с большим трудом.
1	Образование твёрдого или резиноподобного не размешиваемого осадка. Невозможно перемешивание до однородной массы.

Удельное объёмное электрическое сопротивление системы «грунт-краска», определённое кулонометрическим методом [3] находится в пределах 0,8 – 1,5 х 10^{10} Ом·см = = 0,8 – 1,5 х 10^{8} Ом·м. Это соответствует эксплуатации в условиях умеренного климата в течение 8 лет. Таким образом, разработанная акриловая система «грунт-краска» рекомендуется к использованию в качестве антикоррозионной защиты стальных строительных конструкций.

Список цитированных источников

1. Антикоррозионные покрытия строительных конструкций зданий и сооружений. Правила устройства: ТКП 45-5.09-33-2006.

2. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке; пер. с англ. под ред. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.

3. Карякина, М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М.И. Карякина. – М.: Химия, 1988. – 272 с.

4. Стойе, Д. Краски, покрытия и растворители / Д. Стойе, В. Фрейтаг; пер. с англ. под ред. Э. Ф. Ицко. – СПб.: Профессия, 2007. – 528 с.

5. Европейское руководство по качеству / Под ред. У. Цорлля; пер. с англ. под ред. проф. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэйнт-Медиа, 2004. – 578 с.

6. Зотова, Н.С. Применение акриловых смол при производстве лакокрасочных материалов / Н.С. Зотова // Лакокрасочная промышленность. – 2008. – №9. – С.20-21.

УДК635.9:582.635.3

Друженя Д.Н, Чеканова Д.М.

Научный руководитель: зав. уч. лабораторией Прилуцкая О.Е.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМНАТНЫХ РАСТЕНИЙ КАК ФИТОФИЛЬТРОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ И ОЗДОРОВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Фитодизайн возник в глубокой древности как элемент культуры человека, отвечающий его эстетическим потребностям. В условиях современного значительного ухудшения окружающей среды фундаментальная научная проработка этого рода деятельности приобретает особую актуальность. В настоящее время научный подход к фитодизайну подразумевает сочетание эстетического воспитания красоты формы, окраски цветов и листьев растений с другой, полезной функцией растений, о которой было давно известно: живые растения улучшают состав воздуха и очищают атмосферу.

Эта проблема особенно важна в условиях современного мира, когда большую часть времени человек проводит в помещениях. Статистика утверждает, что современный человек проводит в закрытых помещениях 20-22 часа из 24.

Здоровье человека в настоящее время более чем на 60% связано с состоянием окружающей среды. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), свыше миллиарда горожан в настоящее время подвержены воздействию высокой концентрации загрязнителей воздуха. Данные ВОЗ свидетельствуют, что «болезненный синдром помещений», связанный с долговременным пребыванием человека в закрытых помещениях (часто в десятки раз превышающий загрязнение внешней среды) изолированных зданий, где обновление воздуха, теплообмен, влажность отличается от нормальных для человека показателей, считается серьезным профессиональным заболеванием.

Воздушная среда городских помещений, как правило, сильно загрязнена пылью; имеет повышенное содержание химических соединений, выделяемых строительными материалами, мебелью из композитов; содержит патогенные и условно патогенные микроорганизмы (стафилококки, плесневые грибы и т.д.). При этом даже самые современные технические средства не всегда способны обеспечить здоровую воздушную среду помещений. По данным немецких ученых, воздух, которым мы дышим, содержит более 1000 вредных веществ, в том числе около 250 высокотоксичных и порядка 15 канцерогенных соединений. Специалисты, проводившие контрольные замеры воздуха закрытых помещений, отмечают, что концентрация вредных веществ повсеместно в 2-5 раз превышает предельно допустимые нормы. Значительного улучшения воздушной среды закрытых помещений можно добиться, используя для озеленения определенные растения.

Известно, что летучие вещества растений (фитонциды), которые они выделяют в процессе своей жизнедеятельности, уже в концентрации 5мг/м изменяют воздух и могут улучшать самочувствие и оказывать лечебный эффект на организм человека.

Доказано, что фитонцидная активность присуща всему растительному миру. Все растения выделяют фитонциды в большей или меньшей степени. Существует связь между содержанием эфирных масел в растениях и их фитонцидной активностью. Летучие фитонциды, выделяемые биологически активные вещества растений, обладают широким спектром антимикробной, противогрибковой, а в ряде случаев и антивирусной активностью, сочетающейся с положительным действием на организм человека, что делает перспективным их использование для постоянной санации воздушной среды в присутствии человека. Фитонцидные растения повышают бактерицидные свойства воздуха, увеличивают содержание легких отрицательных ионов при снижении тяжелых. Имеющийся опыт Всероссийского научно- исследовательского института лекарственных и ароматических растений показывает, что используя ряд фитонцидных растений в озеленении, можно снизить бактериальную загрязненность воздуха в 1.8-4 раза и значительно повысить устойчивость человеческого организма.

Фитонцидная активность зависит от многих факторов: особенности биологии, сезонной ритмики растений, накопления определенных веществ и изменением их состава и колеблется в течение года. Максимальна она в период наибольшего интенсивного роста и в начале бутонизации растений.

Наибольшее количество летучих веществ выделяют молодые органы растений. Неодинаковое количество летучих веществ выделяют и различные органы растений: листья, бутоны, цветы. Фитонцидные свойства сильнее всего выражены в мезофилле и стенках завязей. Имеются данные о суточных колебаниях количества выделяемых фитонцидов. Повышение фитонцидной активности начинается в утренние часы и резко нарастает днем, затем падает вечером и достигает минимума ночью. Процесс выделения фитонцидов зависит от температуры воздуха. Знания о фитонцидных свойствах расте-

ний используют для оздоровления воздушной среды помещений. Выявлено около 100 видов комнатных растений, которые обладают фитонцидными свойствами.

Таблица 1 – Фитонцидные комнатные растения в интерьере университета

Семейство	Русское название	Латинское название
Агавовые	СпатифиллумУллиса	Sansevieriatrifasciata
Ароидные	Монстера привлекательная	Monsteradeliciosa
Мальвовые	Гибискус китайский	Hibiscusrosa-sinensis
Гераниевых	Герань душистая Герань крупноцветковая	Pelargoniumgraveolens Pelargoniumdomesticum
Лилейные	Алое древовидное	Aloearborescens
	Хлорофитум хохлатый	Chlorophytumcomosum
Толстянковые	БриофиллюмДегремона	Bryophyllumdaigremontianum
Фикусовые	Фикус каучуконосный Фикус Бенджамина	Ficuselastica Ficusbenjamina
Ароидные	Филодендрон красноватый	Philodéndronerubescens
	Диффенбахия пятнистая	Dieffenbachiamaculata

Таблица 2 – Фитонцидная активность: ФА(мин)

№ п/п	Вид растения	Средняя фитонцидная активность за 12 месяцев 2011 г.
1	Спатифиллум Уллиса	10,2
2	Монстера привлекательная	12,4
3	Гибискус китайский	7,9
4	Герань душистая	4.9
5	Герань крупноцветковая	6,7
6	Алое древовидное	14,6
7	Хлорофитум хохлатый	4.1
8	Бриофиллюм Дегремона	26,8
9	Фикус каучуконосный	15,9
10	Фикус Бенджамина	20,7
11	Диффенбахия пятнистая	28,2

Если с растений регулярно смывать пыль, то воздух в этой комнате будет в среднем на 40% чище, чем в такой же комнате без растений (при одинаковом качестве уборки). Особенно эффективно задерживают пыль растения с крупными листьями – монстера, пальмы, фикусы.

Являясь по существу одним из разделов фитоэргономики, возникшей на стыке биологии и медицины и разрабатывающей проблемы использования растений для восстановления и повышения работоспособности людей, фитодизайн занимается вопросами оптимизации жизни и деятельности человека посредством озеленения.

Актуально изучение возможностей декоративных растений как фитофильтров для очистки воздушной среды помещений от формальдегида и других соединений, поскольку индикаторами качества воздуха в жилых помещениях по международным стандартам являются два химических соединения – бензопирен и формальдегид, относящиеся к канцерогенам. Например, в результате экспериментов у 2 опытных видов рода Ficus было выявлено снижение концентрации формальдегида от 10 до 50% по сравнению с контролем. К группе растений – фитофильтров, поглощающих из воздуха вредные газы, относятся такие распространенные виды как хлорофитум хохлатый, фикус Бенджамина, некоторые виды семейства бромелиевых. В помещениях, находящихся в экологически неблагоприятных районах, после установки фитофильтров достигается снижение концентрации в воздухе наиболее распространенного и опасного вещества – формальдегида в среднем на 20-30%. В некоторых растениях токсические вещества, например сернистый газ, аммиак, подвергаются детоксикации, вовлекаются в обмен веществ и пре-

терпевают глубокие изменения. Поглотительные свойства растений зависят от их состояния. В частности, увлажненные листья поглощают газ в 2-3 раза интенсивнее сухих. Опушенность же растений с одной стороны способствует удалению из атмосферы пыли, но с другой – тормозит поглощение газов. Существует также прямая связь поглощения газа листьями с температурой. При температуре более 25°С интенсивность поглощения газа в среднем в два раза выше, чем при 13°С. Кроме того, древесные растения осуществляют газообмен в 3-10 раз интенсивнее, чем травянистые, растущие на такой же площади. Некоторые растения, например бегония, особо чувствительны к присутствию загрязнителей в воздухе (сохнут края листьев) и могут служить индикаторами загрязнения.

При размещении растений надо учитывать радиус фитонцидного действия растений: бактерицидного – до 3 м, бактериостатического (когда бактерии не погибают полностью, но теряют способность к размножению) – до 5 м. Поэтому размещать растения надо по возможности равномерно. Рекомендованное количество растений: на комнату объемом 100 куб. м – около 20 экземпляров. Для эффективной очистки площадь листьев растений в комнате объемом 100 куб. м должна быть от 1.5 до 3 кв. м. Рекомендуемые нормы: при устройстве зимнего сада растения могут занимать до 40% площади помещения, фитокомпозиции (например, в жилой комнате) – 20% от площади помещения. Не надо забывать, что размещение должно обеспечивать благоприятные условия для самих растений (освещенность, влажность, температура). Сильно влияет на образование фитонцидов и освещённость. Значительное ослабление фитонцидной активности происходит при физиологической депрессии, вызванной, например, дефицитом влаги, низким уровнем питания. Таким образом, зная зависимость интенсивности образования фитонцидов от состояния и условий выращивания растений, можно контролировать этот процесс.

Использование экологического фитодизайна актуально как в производственных помещениях, так и в любых жилых помещениях, офисах, учреждениях. Метод экологического фитодизайна – безопасный, относительно малозатратный метод, несложный в исполнении, высокоэффективный в оздоровительном отношении и действует непрерывно.

Помимо декоративных задач озеленение выполняет важную роль в улучшении микроклимата и общего санитарно-гигиенического состояния среды.

Использование фитонцидных и газопоглотительных свойств растений позволит, как показывают результаты многочисленных проведенных исследований, снизить риск заболеваний верхних дыхательных путей, значительно очистить воздух помещений от токсических для человека химических примесей и, помимо этого, создать благоприятную психоэмоциональную среду.

Список цитированных источников

1. Ткаченко, К.Г. Фитоэргономика / К.Г. Ткаченко, И.В. Потекушина. – Киев: Наук. думка, 1999. – 135 с.

УДК 628.316

Корбулаева Е.А.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Житенев Б.Н.

ДЕСТРУКЦИЯ КРАСИТЕЛЯ В ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЕ С НЕРАСТВОРИМЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Исследовался метод электрохимической деструкции красителя под влиянием гипохлорита образующегося в результате электролиза раствора хлорида натрия.

Цель работы – исследовать обесцвечивание окрашенных СВ на объемном аноде.

Введение

Ежегодное мировое потребление красителей составляет около полумиллиона тонн; свыше двух третей этого количества идет на окраску текстильных материалов.

Текстильные материалы окрашивают с использованием периодического, непрерывного или полунепрерывного процесса. Выбор способа крашения зависит от типа материала, химической природы волокна, размера партии красителя и требований к качеству окрашенного изделия.

В результате использования окрашивающих растворов образуются сильноокрашенные сточные воды, сброс которых в канализацию регламентирован ПДК допустимых к сбросу в городскую коммунальную сеть канализации. Допустимой концентрацией цветности считается разбавление 1:20, поэтому перед сбросом необходимо производить очистку окрашенных СВ на локальных очистных сооружениях.

Методы, применяемые для обесцвечивания СВ:

- *Очистка сточных вод, содержащих красители, в фотокаталитическом процессе.*
- *Адсорбционная очистка.*
- *Биологический метод.*
- *Метод с применением ультразвукового излучения.*
- *Удаление из сточных вод красителя электрокаталитическим методом.*
- *Электрохимический метод.*

Метод электрохимической деструкции

Сущность метода электрохимической деструкции заключается в обработке сточной жидкости в аппарате с нерастворимыми в условиях анодной поляризации электродами. Для успешного осуществления электролиза необходимо: наличие в воде хлорид-ионов, соответствующий подбор анодного материала и определенные режимные параметры обработки.

При электролизе хлоридных растворов, наряду с реакциями выделения кислорода, возможно протекание реакции выделения хлора, стандартный потенциал которой более положителен, чем реакций выделения кислорода. Исходя из этого, казалось бы, что основным процессом при электролизе должно быть выделение кислорода, но вследствие высокого кислородного перенапряжения на многих металлах преимущественно происходит выделение хлора.

Хлораты в обычных условиях не обладают окислительным действием и, являясь побочным продуктом, увеличивают энергозатраты. Компоненты же активного хлора обладают особенно большим запасом химической энергии в момент их образования и служат сильными окислителями в соотношениях, определяющихся условиями процесса и, в первую очередь, активной реакцией среды.

При электролизе низкоконцентрированных растворов поваренной соли выделяющийся на аноде хлор растворяется в электролите с образованием соляной и хлорноватистой кислот, причем последняя реагирует с прикатодной щелочью с образованием гипохлорита натрия. Однако образование гипохлорита может протекать и по электрохимическому механизму.

Калибровка

Построение калибровочного графика провели следующим образом. Приготовили ряд растворов данного вещества с известными концентрациями, охватывающими область возможных изменений концентраций этого вещества в исследуемом растворе. Измерили на спектрофотометре СФ-2000 оптические плотности всех растворов.

На рисунке 1 представлены спектры растворов с концентрацией красителя:

1 – 50 мг/л; 2 –30 мг/л; 3 – 25 мг/л; 4 – 15 мг/л; 5 – 10 мг/л; 6 – 5 мг/л.

Построили калибровочный график, откладывая по горизонтальной оси известные концентрации, а по вертикальной – соответствующие им значения оптической плотности.

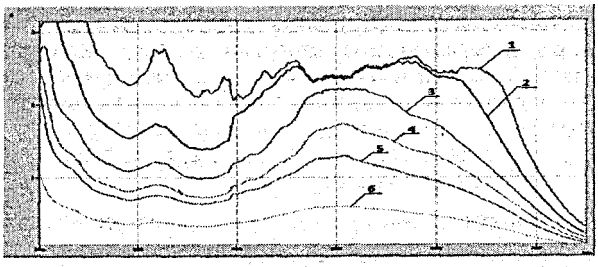


Рисунок 1 – Спектры для построения калибровочного графика

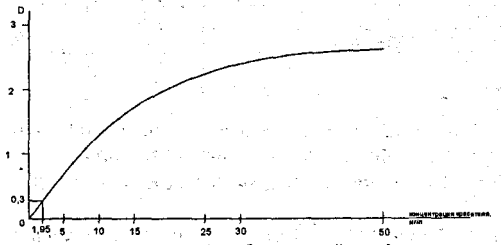


Рисунок 2 – Калибровочный график

График был необходим, чтобы определить оптическую плотность допустимой для сброса концентрации красителя. Эту концентрацию определяли следующим образом: путем разбавления определили концентрацию красителя, при которой цветность раствора с красителем не отличается от цветности дисцилированной воды (0,095 мг/л), а затем нашли концентрацию, соответствующую разбавлению 1:20 (1,95 мг/л).

По спектрам за исходный раствор для дальнейших исследований был принят раствор с концентрацией красителя прямого черного 15 мг/л.

Методика исследований

Сами испытания проводились следующим образом: сначала готовился раствор с определенной концентрацией красителя и хлорида натрия, заливался в емкость и с разной скоростью подавался в угольный анод, который подключен к источнику тока. Вода постепенно заполняла сосуд возле угольного анода и переливалась через его стенки уже очищенной. Бралась проба и снимался ее спектр, определялась остаточная концентрация красителя и эффект осветления.

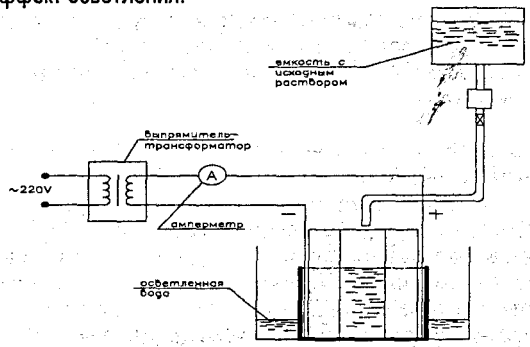


Рисунок 3 – Схема экспериментальной установки

Влияние продолжительности обработки на процесс осветления воды

Был проведен ряд экспериментов по осветлению воды от красителя. Концентрация красителя в растворе была постоянна – 15 мг/л, как и концентрация хлорида натрия – 3 мг/л. Изменяли в данных исследованиях скорость подачи исходного раствора на угольный анод, тем самым регулируя продолжительность обработки воды. В конце опыта снимали спектр обработанной воды и находили остаточную концентрацию красителя в растворе, рассчитывали эффект очистки.

Таблица 1 – Результаты изучения влияния продолжительности обработки воды на эффект осветления

Исходная концентрация красителя, мг/л	15	15	15
Концентрация NaCl, мг/л	3000	3000	3000
Расход, мл/с	0,053	0,14	0,42
Остаточная концентрация красителя, мг/л	5	1,95	1,87
Эффект очистки, %	66,7	87	87,5
Продолжительность, мин	160	60	27

Анализируя данную таблицу, можно сказать, что наиболее эффективно применять продолжительность 60 минут при расходе исходного раствора q = 0,14 мл/с.

Влияние концентрации хлорида натрия в исходном растворе на процесс осветления воды

Был проведен ряд исследований, при которых изучалось влияние концентрации хлорида натрия в исходном растворе красителя на эффект осветления.

Проводились опыты с растворами, в которых исходная концентрация красителя была постоянная – 15 мг/л, а концентрация соли изменялась в пределах 3–5 г/л, при этом подача исходной воды принималась q = 0,14 мл/с и q = 0,5 мл/с.

Исследования растворов с концентрацией соли 3 г/л и их результаты приведены выше.

Все результаты опытов сведены в таблицу.

Таблица 2 – Результаты исследований

Исходная концентрация красителя, мг/л	15	15	15	15	15	15	15
Концентрация NaCl, мг/л	3000	3000	3000	4000	4000	5000	5000
Скорость мл/с	0,053	0,14	0,42	0,14	0,5	0,14	0,5
Остаточная концентрация красителя, мг/л	5	1,95	1,87	2,53	4,97	6,3	2,02
Эффект очистки, %	66,7	87	87,5	83,13	66,9	58	86,5
Продолжительность, мин	160	60	27	68	18	57	17
Максимальная сила тока,мА	-	161	170	173	178	195,8	210
Средняя сила тока, мА	-	81	85	86,7	97,6	100	109

Данные испытания были основаны на процессе разрушения структуры красителя, и тем самым обесцвечивании воды с помощью электролизера с нерастворимыми электродами благодаря образованию гидрохлорида натрия из поваренной соли, находящейся в растворе исходной воды.

Выводы

- Выполнены исследования по электрохимической деструкции красителя прямого черного на объемном угольном аноде.
- Установлено, что эффект деструкции (обесцвечивание красителя) зависит от концентрации хлорида натрия и продолжительности обработки.
- Обесцвечивание раствора красителя с исходной концентрацией 15 мг/л до ПДК, допустимой к сбросу в канализацию, происходит за 70 мин, при этом расход электроэнергии составляет около 5,8 кВтч/м^3.
- Метод электрохимической деструкции эффективен для обесвечивания прямых красителей.

Электрохимическая очистка обычно оказывается более выгодной для установок малой производительности (до нескольких десятков кубических метров в час). В многоступенчатых схемах улучшения качества воды электрохимические и другие методы могут удобно сочетаться.

Список цитируемых источников

1. Korbahti Bahadir K. Электрохимическая очистка окрашенных текстильных сточных вод. Response surface optimization of electrochemical treatment of textile dye wastewater. J. Hazardous Mater., 2007. 145. – № 1-2. – С. 277-286. Англ.
2. Chatzisymeon, Efthalia. Очистка окрашенных сточных вод от производства текстиля в электрохимическом процессе / Chatzisymeon Efthalia, Xekoukoulotakis Nikolaos P., Coz Alberto, Kalogerakis Nicolas, Mantzavinos Dionissios. Electrochemical treatment of textile dyes and dyehouse effluents. J. Hazardous Mater., 2006. 137. – № 2. – С. 998-1007. Англ.
3. Кульский, Л.А. Очистка воды электрокоагуляцией / Л.А. Кульский, П.П. Строкач, В.А. Слипченко [и др.] – Киев: Будівельник, 1978. – 112 с.
4. Медриш, Г.Л. Обеззараживание природных и сточных вод с использованием электролиза / Г.Л. Медриш, А.А. Тайшева, Д.Л. Басин. – М.: Стройиздат, 1982. – 80 с.

УДК 631.6 (476)09

Ларьков Е.О.

Научный руководитель: доктор с.-х. наук, доцент Желязко В.И.

ОСОБЕННОСТИ МЕЛИОРАЦИИ ОБЪЕКТА «РЫТОВСКИЙ ОГОРОД»

«Рытовский огород» – это маленький земельный участок площадью 5 га, входящий в состав учебно-опытного хозяйства Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. Начиная с 1879 г., на протяжении десятилетий на этом участке проводил свои исследования по агротехнике и селекции огородных культур профессор М.В. Рытов. Результаты его многолетней деятельности и популярность ученого привели к тому, что население Горок стало называть этот участок «Рытовским огородом». Это название сохранилось до наших дней. Почвы участка окультуренные, дерново-подзолистые. Их подстилают суглинистые и песчанистые отложения с включениями торфа и перегноя и супесчаными и песчаными линзами и жилами, на моренных отложениях. С увеличением глубины возрастает уплотнение почвы, уменьшается пористость. В почве отсутствуют крупные поры и трещины. Экспериментально определенные коэффициенты фильтрации не превышают 0,006 м/сут, а наименьшая влагоемкость почвы составляет 91-99%. Это свидетельствует о высокой водоудерживающей способности почвы. Названные характеристики вполне объясняют образование больших луж на поверхности огорода в замкнутых понижениях во время летне-осенних дождей, зимних оттепелей и в период весеннего снеготаяния. Почвы участка обладают низкой фильтрационной способностью, особенно в пределах второго полуметра от поверхности земли, и высокой водоудерживающей способностью, на что указывают низкий коэффициент фильтрации и высокая наименьшая влагоемкость, приближающаяся по отдельным горизонтам к общей пористости почвы. Для этих почв характерна и низкая аэрация верхних слоев почвообразующей породы. Грунтовый поток, поступающий через верхнюю гидрогеологическую границу участка, характеризующуюся устойчивостью и сравнительно высокой степенью минерализации воды, приводит к систематическому переувлажнению почв участка, развитию процесса оглеения и высокому содержанию карбонатов в почве. В результате, почвы и грунты огорода имеют стабильное слабое напорное грунтовое питание. Таким образом, Рытовский огород, несмотря на привлекательный темный цвет почвы и выгодное расположение, имеет целый ряд факторов, снижающих урожайность выращиваемых на нем

сельскохозяйственных культур. Как видно из вышеизложенного, причиной переувлажнения участка является целый ряд факторов. С одной стороны, избыток атмосферных осадков, низкая водопроницаемость и высокая водоудерживающая способность почвы приводят к задержанию на поверхности почвы и в пахотном горизонте на длительное время поверхностной воды, особенно в весеннее и летнее время. С другой стороны, имеет место подпитывание почвенного профиля напорной грунтовой и капиллярной водой. В результате развития процесса заболачивания весенние полевые работы на участке проводились со значительным запозданием. Кроме этого, периодически в дождливые годы наблюдались летние вымочки и выпревание огородных культур.

Рытовский огород имеет свою глубокую мелиоративную историю. Еще в начале сороковых годов прошлого столетия силами учащихся Горы-Горецких учебных заведений была сделана попытка осушения участка открытыми канавами. В этот период был открыт магистральный канал, перерезающий участок с запада на восток, с выводом его в р. Копылку, и были открыты мелкие нагорные канавы. Магистральный канал глубиной около 160 см, периодически ремонтируемый, а в 1927 г. одернованный, сохранился в исправном состоянии до настоящего времени. Очевидно, первая попытка осушения участка не дала ожидаемого результата, так как в 1852 г. приступили к закладке гончарного дренажа, законченного профессором А.Н. Козловским в 1856 г. А.Н. Козловским был проложен вдоль магистрального канала гончарный коллектор в две нитки диаметром 75 мм, выведенный в потайной кирпичный смотровой колодец. Последний сообщался с р. Копылкой также гончарной дренажной трубой. Сама площадь участка была осушена выборочной системой гончарного дренажа диаметром 50 мм и глубиной заделки 0,9-1,0 м, приуроченной к отдельным микропонижениям поверхности земли. Вероятно, эта система со временем вышла из строя, так как уже в 1880 г., по инициативе профессора М.В. Рытова участок был заново осушен открытыми канавами. Система открытых канав профессора М.В. Рытова работала на участке около 40 лет. В начале гражданской войны из-за отсутствия систематического ухода канавы полностью заплыли. В 1919-1928 гг. силами студентов Горы-Горецкого сельскохозяйственного института под руководством профессора А.Д. Дубаха на участке была построена новая осушительная система, состоящая из комбинации открытых канав и фашинного дренажа. Открытые канавы глубиной около 0,8 м были заложены на расстоянии 30 м друг от друга с выводом их в магистральный канал под острым углом к горизонталям поверхности земли. В открытые канавы впадали фашинные дрены с глубиной закладки 0,5-0,7 м и 15-метровым расстоянием между ними. На протяжении двух десятилетий осушительная система профессора А.Д. Дубаха работала вполне удовлетворительно. Никаких вымочек посевов не наблюдалось. Исследования этой системы, проведенные учеными факультета в 1953 г. показали, что дренаж почти на всем его протяжении вышел из строя в результате обрушения смотрового колодца и полного заиления дренажного коллектора, а также заиления дрен. Глубина осушительных канав, проложенных А.Д. Дубахом, в результате их заплывания уменьшались до 25-40 см, а мелко заложенные фашины полностью сгнили. Участок в своей пойменной части выпал из сельскохозяйственной эксплуатации в результате резкого повышения зеркала грунтовых вод, достигшего в летнее время до 20 см от поверхности земли, и, как следствие, развития вторичных процессов заболачивания почвы. Процесс вторичного заболачивания участка еще более усилился в результате высокого стояния бытовых горизонтов р. Копылки, связанного с подпором, образуемым мостом и его опорами. В целях более интенсивного осушения участка в 1954 г. силами студентов академии был заложен дощатый дренаж с расстояниями от 14 до 30 метров между дренами. В 1958 г. эта система была дополнена локальными дренажными системами из гончарных трубок. Но получить ожидаемый эффект не удалось, т.к. в 1959 г. через р. Ко-

пылку рядом с огородом был построен новый мост, в результате чего уровень воды в речке оказался в подпоре, а осушительная система на Рытовском огороде стала плохо работать. В связи с этим по проекту, составленному с участием сотрудников мелиоративного факультета, предусматрено углубление р. Копылки в границах огорода в целях снижения ее бытовых горизонтов, углубление открытого коллектора К-2, устройство двух нагорно-ловчих дрен для перехвата поверхностных и грунтовых вод, притекающих со стороны и устройство железобетонных устьев для ранее заложенных дрен, а также трубы-переезда через коллектор К-2 [1].

Таким образом, благодаря проводимым мелиоративным мероприятиям на объекте «Рытовский огород» продолжают выращиваться сельскохозяйственные культуры. Студенты академии имеют прекрасную возможность проходить учебную практику, участвовать вместе с преподавателями в научных исследованиях и всякий раз убеждаться в важной роли мелиорации в повышении продуктивности земель, как национального достояния Республики Беларусь.

Список цитированных источников

1. Проектное задание по регулированию р. Копылки в целях осушения Рытовского огорода учебно-опытного хозяйства Белорусской сельскохозяйственной академии. г. Горки Могилевской обл., 1962.

2. Кумачев, Л.И. Какова роль гумуса и как увеличить его содержание в почве? // Урожайные сотки. – Минск: ИООО «Красико-Принт». – 2005. – № 7. – С. 50.

3. Кумачев, Л.И. «Архитекторы» плодородного слоя // Урожайные сотки. – Минск: ИООО «Красико-Принт». – 2003. – № 8. – С. 31.

4. Кумачев, Л.И. К чему приводит обработка почвы трактором // Урожайные сотки. – Минск: ИООО «Красико-Принт». – 2005. – № 6. – С. 38.

УДК 628.316

Ромусик А.А.

Научный руководитель: к.т.н. Житенев Б.Н.

ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ПЕСТИЦИДОВ ДЕСТРУКЦИЕЙ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Введение

Целью настоящей работы является исследование процесса окисления препарата эсфенвалерата, выпускаемого под торговой маркой «СЭМПАЙ КЭ», воздействием УФ-излучения. В процессе работы выполнены исследования по удалению пестицидов из воды. Полученные результаты могут быть использованы для реализации методов снижения концентрации эсфенвалерата из питьевой и сточной воды. Примененные методы являются недорогостоящими и могут быть широко распространены в практике водоподготовки.

Объектом исследования являются питьевые воды, зараженные пестицидом эсфенвалератом в различных конценрациях. В настоящее время в природные водоисточники поступают различные устойчивые и токсичные загрязнители, например, пестициды которые необходимо удалять при подготовке питьевой воды. В лабораторных условиях исследовалась возможность деструкции таких веществ. Все средства защиты растений, или пестициды, классифицируются по химическому составу, объектам применения, по характеру действия и способам проникновения во вредный организм.

Экспериментальные исследования

Пестицид эсфенвалерат. Общие сведения

Для исследования в данной работе был выбран пестицид эсфенвалерат. Эсфенвалерат широко распростанен под торговой маркой «Сэмпай КЭ»

Сэмпай КЭ является инсектицидом, действующее вещество которого эсфенвалерат, концентрацией 50 г/л. Контактный инсектицид для борьбы с широким кругом насекомых-вредителей на хлопчатнике, картофеле, виноградной лозе, овощных культурах, фруктовых деревьях. Проявляет достаточно длительное последействие.

МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ПРЕПАРАТА:

• Сэмпай обладает двойным механизмом действия на вредителей: контактным и кишечным, воздействует на нервную систему вредителей, вызывая у них паралич и быструю гибель. Кроме того, препарат хорошо отпугивает и способен подавлять питание у насекомых.

СКОРОСТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ:

• препарат начинает действовать через 30 минут после обработки, а полная гибель наступает через 1,5 - 2 ч.

Действующим веществом в этом препарате является эсфенвалерат.

Эсфенвалерат – это пестицид 3-его класса опасности для человека. Малотоксичен для человека и животных, но опасен для рыб и пчёл. При остром отравлении эсфенвалератными пестицидами у человека могут быть судороги вплоть до коматозного состояния. Вещество воздействует и через дыхательные пути, и через кожу, и при случайном проглатывании. Очень стоек, после опрыскивания работает до 15-и дней, не разрушаясь даже на солнце.

Химическая формула $C_{25}H_{22}ClNO_3$.

Молекулярная масса 419,45.

Вязкая коричневая жидкость, смесь четырех изомеров.

- Летуч;
- температура кипения 151-167°С;
- нерастворим в воде; растворим в ацетоне, хлороформе, ксилоле;
- эсфенвалерат относится к классу синтетических пиретроидов.

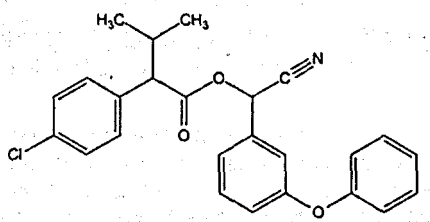


Рисунок 1 – Структурная формула эсфенвалерата

Применение

Фитотоксичность. В рекомендуемых нормах расхода препарата не токсичен для растений.

Препарат высокотоксичен для гидробионтов. Запрещено применение препарата в санитарной зоне рыбохозяйственных водоемов.

Методика проведения исследований и схема установки

Установка для обработки воды УФ-светом представляла собой стеклянную трубу с УФ-лампой, мощностью 36 Вт. Верхняя часть трубы покрыта фольгой, чтобы лучи от лампы не рассеивались, а были направлены преимущественно вниз на воду, которую объемом 250 мл заливали в трубу. Вода не должна касаться лампы.

Через определенное время воду сливали и исследовали на спекрофотометре СФ-2000.

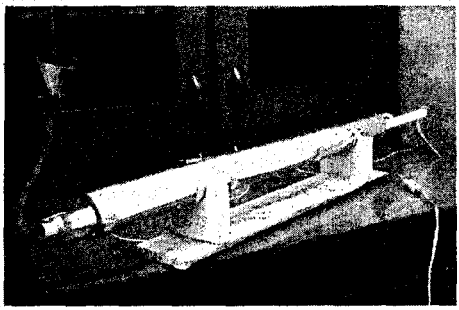


Рисунок 2 – Установка для облучения исследуемой воды УФ-светом

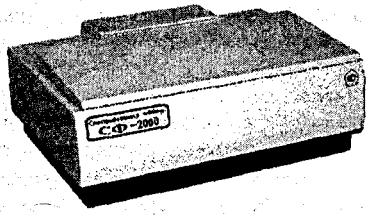


Рисунок 3 – Спектрофотометр СФ-2000

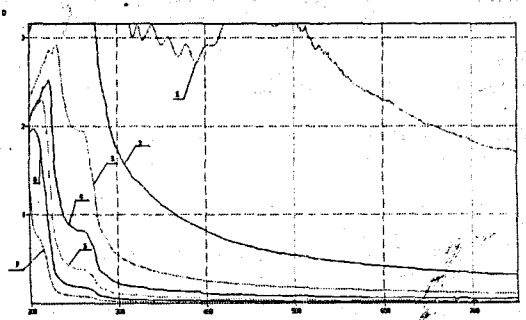
Результаты

Построение калибровочного графика. Изучение влияния продолжительности экспозиции на разложение эсфенвалерата УФ-излучением. Калибровка

Построение калибровочного графика провели следующим образом. Приготовили ряд растворов данного вещества с известными концентрациями, охватывающими область возможных изменений концентраций этого вещества в исследуемом растворе. Измерили на спектрофотометре СФ-2000 оптические плотности всех растворов.

Был сделан раствор концентрацией 50 мг/л эсфенвалерата, однако, данный раствор не возможно исследовать на спектрофотометре из-за большой плотности, поэтому проводилось дальнейшее разбавление до 0,04 мг/л и снимались спектры (рисунок 4).

Построили калибровочный график, откладывая по горизонтальной оси известные концентрации, а по вертикальной – соответствующие им значения оптической плотности.



1 – 2,5 мг/л; 2 – 1,25 мг/л; 3 – 0,63 мг/л; 4 – 0,31 мг/л; 5 – 0,16 мг/л; 6 – 0,08 мг/л; 7 – 0,04 мг/л

Рисунок 4 – Калибровочный график (спектры растворов с конценрацией эсфенвалерата)

Влияние продолжительности экспозиции на разложение эсфенвалерата УФ-излучением

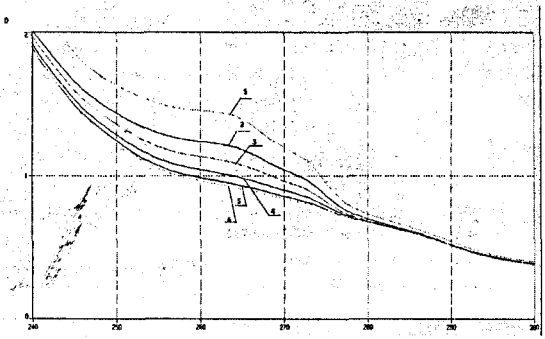
Готовился раствор заданной концентрации и обрабатывался УФ-светом по 250 мл при различной продолжительности по времени: 5 мин, 10 мин, 20 мин, 30 минут и 60 минут.

На графиках (рисунок 5) видна зависимость разрушения от времени.

Эффективность соответственно составила: 14,3%, 21,4%, 28,6%, 35,7%, 35,9%.

На графиках видна зависимость снижения концентрации раствора от продолжительности обработки.

Проведенные опыты свидетельствуют об эффективности применения УФ-облучения для очистки воды от пестицидов, в частности эсфенвалерата.



1 – исходный раствор эсфенвалерата без обработки УФ-светом; 2 – обработка в течение 5 минут; 3 – 10 минут; 4 – 20 минут; 5 – 30 минут; 6 – 60 минут

Рисунок 5 – Спектры после обработки воды УФ-излучением

Заключение

Исследован процесс окисления препарата эсфенвалерата, выпускаемого под торговой маркой «Сэмпай КЭ», где воздействием УФ-излучения установлено, что при обработке мощностью 67 мВт/см^2 наиболее сильно влияет продолжительность обработки. Так при продолжительности обработки в 5 минут эффективность составила 14,3%, а при увеличении продолжительности до 60 минут эффективность составила 35,9%.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о том, что окисление является перспективным методом удаления пестицида. В дальнейшем будут проведены исследования для получения большего эффекта разрушения пестицидов.

Список цитированных источников

1. Ганиев, М.М. Химические средства защиты растений / М.М. Ганиев, В.Д. Недорезков. – М.: КолосС, 2006. – 248 с.

2. Мельников, Н.Н. Пестициды. Химия, технология и применение. – М.: Химия, 1987. – 712 с.

3. Федоров, Л.А. Пестициды – токсический удар по биосфере и человеку / Л.А. Федоров, А.В. Яблоков. – М.: Наука, 1999.

4. Белан, С.Р. Новые пестициды: справочник / С.Р. Белан, А.Ф. Грапов, Г.М. Мельникова. – М.: Граль, 2001.

5. Телитченко, М.М. Введение в проблемы биохимической экологии / М.М. Телитченко, С.А. Остроумов. – М.: Наука, 1990. – С. 214–217.

6. Онищенко, Г.Г. Профилактическая медицина и эпидемиология / Г.Г. Онищенко, В.И. Покровский. – М.: Наука, 2010. – С. 394–396.

УДК 631.445(476)

Старченков М.С.

Научный руководитель: доктор с.-х. наук, доцент Желязко В.И.

МЕЛИОРАЦИЯ ЗАПАДИННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОДОЕМОВ-КОПАНЕЙ

Водоемы-копани сооружаются в качестве водоприемников для сброса поверхностного и дренажного стока при невозможности или экономической нецелесообразности строительства на объекте открытой проводящей сети. Данная технология применяется глав-

ным образом при осушении земель с холмистым и западинным рельефом. Водоемы-копани могут строиться и на участках с равнинным рельефом с целью аккумуляции воды для противопожарных и бытовых нужд, для отдыха, для увлажнения мелиорируемых земель, а также как природоохранные объекты. При осушении пашни и пастбища в комплексе с водоемами предусматриваются сооружения для сброса воды в гидрографическую сеть в случае переполнения водоема в период дождей, а также при подготовке его к приему стока весеннего половодья. Проектирование бессточных водоемов допускается в порядке исключения при осушении сенокосов. В условиях холмистого и западинного рельефа сбросное сооружение проектируется, как правило, в виде закрытого трубопровода. На участках с равнинным рельефом сброс воды предусматривается преимущественно по открытому каналу. В водоем впускаются коллекторы дренажных систем, отводящих поверхностный и дренажный сток. Водосборная площадь водоема обычно принимается 10-30 га. Наиболее приемлемая форма водоема в плане – прямоугольник с соотношением сторон от 1:2 до 1:3. Это обусловлено удобством выполнения работ по отрывке, а также тем, что большинство западин имеют вытянутую форму. Длинную сторону водоема необходимо располагать в направлении вспашки полей. Глубину водоемов – копаней рекомендуется принимать не более 3,0–3,5 м. Большая глубина потребует применения специальной землеройной техники или приведет к усложнению технологии производства земляных работ и значительному удорожанию стоимости строительства. Коэффициенты заложения откосов принимаются с учетом глубины водоема и гранулометрического состава грунтов. При использовании водоема для культурно-бытовых целей, независимо от его глубины и грунтов в ложе, коэффициенты заложения откосов принимаются 3,0...3,5, а на пляжном участке – 5,0.

В качестве расчетного для водоемов-копаней принимается объем стока весеннего половодья обеспеченностью 10%. Объем стока в м^3, который необходимо зааккумулировать в копани, рассчитывают по формуле:

$$W = 10 \times F \times h \times K, \quad (1)$$

где W – расчетный объем стока весеннего половодья, аккумулируемый в водоеме; F – водосборная площадь, га; h – слой стока, мм; K – коэффициент стока, учитывающий рельеф, гранулометрический состав, фильтрационные свойства почвогрунтов.

При проектировании системы водоемов-копаней расчетный объем стока весеннего половодья в м^{3}для определения параметров водоема первого порядка (головного водоема) определяют по формуле:

$$W_p^1 = W - (W_1^{11} + W_2^{11} + ... + W_n^{11}) - W_{сб}, \quad (2)$$

где W_p^1 – расчетный объем стока весеннего половодья, аккумулируемый в водоеме первого порядка (головном водоеме), м^3; W – полный объем стока весеннего половодья с водосборной площади системы, м^3; W_1^{11}, W_2^{11}, W_n^{11}– объем стока, аккумулируемые в водоемах второго порядка, м^3; $W_{сб}$ – объем стока весеннего половодья, сбрасываемый из головного водоема в гидрографическую сеть, м^3.

Наблюдения за 26 водоемами-копанями в РУП «Учхоз БГСХА» Горецкого района, рассчитанными по среднегодовым данным, показали, что только три из них весной переполняются, а все другие полностью принимают весенний талый сток. Вокруг переполняемых водоемов весной образуются переувлажненные участки, на которых погибают посевы. На регулируемых водоемах устраиваются сбросные трубопроводы, которые предназначены для сброса излишков воды из водоема в гидрографическую сеть. Сбросные трубопроводы устраивают из гончарных, асбестоцементных или железобетонных труб. Стыки труб омоноличиваются бетоном или защищаются от фильтрации муфтами и другими устройствами. Кроме этого необходимо предусмотреть специальную

гидроизоляцию в следующих условиях: в торфяниках; в кислых минеральных почвах (pH ≤ 5,5); при содержании в грунтовых водах более 0,2% сернистых соединений (SO_4) или более 2% соединений магния (MgO). Глубина заложения трубопровода, считая до низа труб, должна не менее, чем на 0,5 м превышать расчетную глубину промерзания грунта. При опорожнении водоема по условиям работы в периоды весеннего половодья и дождевых паводков максимальная скорость движения воды в трубопроводе не должна превышать 3,0 м/с, а минимальная – должна быть не менее допустимой на заиление 0,30–0,35 м/с.

При проектировании сбросных трубопроводов в вертикальной плоскости необходимо руководствоваться следующими основными требованиями. Глубина заложения трубопровода, считая до низа труб, должна не менее, чем на 0,5 м превышать расчетную глубину промерзания грунта. В периоды весеннего половодья и дождевых паводков (расчетные периоды) скорости движения воды по трубопроводу характеризуются гидравлическим уклоном. По условиям работы в периоды весеннего половодья и дождевых паводков определяется максимальная скорость движения воды в трубопроводе (не должна превышать 3,0 м/с), а при опорожнении водоема – минимальная (должна быть не меньше допустимой на заиление V_{min} = 0,30 – 0,35 м/с). Оптимальные строительные уклоны для трубопровода находятся в пределах 0,05–0,015. Минимальный уклон, обеспечивающий незаиляющую скорость, определяется расчетом или назначается по табл. 1.

Таблица 1 – Минимальные допустимые уклоны сбросных трубопроводов

Диаметр коллектора, мм	Минимальный допустимый уклон	
	в плывунах, пылеватых песках и супесях	в остальных минеральных грунтах и торфяниках
75–100	0,0035	0,002
125	0,0030	0,0015
150	0,0025	0,001
175–200	0,002	0,0007

При пересечении сбросного трубопровода с каналом необходимо предусмотреть заглубление верха трубы под дно канала не менее чем на 0,6 м. При пересечении засыпанных карьеров, староречий, западин (понижений рельефа) с сильно увлажненными (разжиженными) минеральными грунтами или торфяниками (сапропелями), имеющими на глубине закладки трубопровода допустимое напряжение на сдвиг τ ≤ 8 кПа (0,08 кг/см^2), следует предусматривать устройство под трубопроводом песчаной подушки толщиной не менее 0,5 м (после предварительного осушения грунтов по трассе временной открытой сетью).

Таким образом осушение земель при помощи водоемов – копаней позволяет аккумулировать поверхностный сок для дальнейшего использования.

Список цитированных источников

1. Об утверждении Государственной программы сохранения и использования мелиорированных земель на 2011-2015 годы: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 5 мая 2005 г. N 459 // Нац. реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2005. – №74.– 5/15927.

2. Лихацевич, А.П. Приемы повышения продуктивности переувлажняемых минеральных земель со сложным почвенным покровом и неоднородным водным режимом / А.П. Лихацевич, К.М. Саквенков, И.Э. Леуто // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. – №4. – С. 20-22.

3. Вчерашний, Е.А. Особенности мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в условиях сложного рельефа / Е.А. Вчерашний // Мелиоративное обустройство сельских территорий: сборник научных трудов студентов и магистрантов; под ред. В.И. Желязко. – Горки: УО «БГСХА», 2012. – С. 115.

УДК 621-224-225.14
Филипчик П.С.
Научные руководители: к.т.н., доцент Водчиц Н.Н., доцент Громик Н.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОБОДНОГО ВЫХОДА ПОТОКА ИЗ ДИФФУЗОРА

Целью настоящего работы является определение характеристик потока выходящего из диффузора в атмосферу и при подтопленном режиме. Эти характеристики позволят более эффективно запроектировать прямоосные отсасывающие трубы малых ГЭС.

При выходе потока из сети кинетическая энергия выходящей струи всегда теряется для этой сети. При выходе из диффузора с ростом площади поперечного сечения средняя скорость потока при увеличении угла расширения до определенных пределов падает, общий коэффициент сопротивления диффузора, приведённый к скорости во входном сечении, становиться меньшим, чем для трубы такого же диаметра и длины.

Начиная с некоторого угла расширения диффузора заданной длины, дальнейшее увеличение угла значительно повышает коэффициент сопротивления, так что он становится во много раз большим, чем для прямой трубы той же длины.

Возрастание коэффициента сопротивления диффузора заданной длины с дальнейшим увеличением турбулентным перемешиванием потока, отрывом пограничного слоя от стенки диффузора и связанным с этим сильным вихреобразованием.

Начало отрыва в диффузоре зависит как от геометрических параметров, так и от режима течения (числа Рейнольдса и Маха) и состояния потока на выходе. Коэффициент сопротивления диффузора так же зависит от этих факторов. В случае безотрывных диффузоров характер зависимости $\zeta_g = f(Re)$ близок к характеру зависимости $\lambda = f(Re)$ прямых труб: значения ζ_g падают монотонно с ростом Re.

С увеличением угла расширения диффузора характер зависимости ζ_g от Re усложняются, так начинает сказываться влияние отрыва потока от стенки канала.

При выходе потока из сети кинетическая энергия выходящей струи всегда теряется для этой сети, поэтому в общем случае потери выхода складываются из внутренних потерь в выходном участке $\Delta p_{вн}$ и потерь скоростного (динамического) давления $\Delta p_{ск}$ струи, выходящей из сети:

$$\Delta p = \Delta p_{вн} + \Delta p_{ск}. \quad (1)$$

Коэффициент сопротивления выхода, приведенный к скорости в узком сечении:

$$\zeta_g = \frac{\Delta p_{вн}}{\frac{\rho v_1^2}{2}} + \frac{\Delta p_{ск}}{\frac{\rho v_1^2}{2}} = \zeta_{вн} + \zeta_{ск}. \quad (2)$$

Поле скоростей на выходе не бывает равномерным, поэтому скоростное давление определяется по заданному распределению скоростей:

$$\Delta p_{ск} = \frac{1}{Q}\int_{F_2} \frac{\rho v^3}{2} * dF; \quad (3)$$

и

$$\zeta_{ск} = \Delta p_{ск} / \frac{\rho v_1^2}{2} = \frac{1}{F_1}\int_{F_2} \left(\frac{v}{v_1}\right)^3 dF = \frac{1}{n_1^2} * \frac{1}{F_2}\left(\frac{v}{v_2}\right)^3 dF = \frac{1}{n_1^2} * \alpha, \quad (4)$$

где $n_1 = \frac{F_2}{F_1}$ – степень расширения выходного участка;

$\alpha = \frac{1}{F_2}\int_{F_2} \left(\frac{v}{v_2}\right) dF$ – коэффициент кинетической энергии потока (коэффициент Кориолиса) в сечении выходного участка.

При выходе потока из диффузора на экран величина потерь зависит от относительного расстояния между экраном и обрезом выходного участка диффузора. Экран за диффузором создаёт подпор, заставляющий поток растекаться по сечению.

Это приводит к уменьшению области отрыва потока, а следовательно, к более эффективному его растеканию. При этом уменьшаются как потери внутри диффузора, так и

потери скоростного давления на выходе. Одновременно экран заставляет поток до выхода из сети повернуться в радиальном направлении на 90°. При отсутствии плавного закругления на выходной кромке диффузора этот поворот сопровождается значительным сжатием струи, а, следовательно, повышением её кинетической энергии, поэтому при установке экрана за диффузором с большой степенью расширения, когда средняя скорость потока в месте поворота, выигрыш, получаемый из-за растекания и более полного расширения струи в диффузоре, могут оказаться меньше тех дополнительных потерь, которые появляются вследствие сжатия струи на выходе. При большой степени расширения (большом угле диффузора) потери из-за поворота потока становятся сравнительно небольшими и влияние экрана оказывается более благоприятным. Существует оптимальное расстояние $(t/D_1)_{опт}$ между экраном и выходным отверстием при котором коэффициент сопротивления диффузора с выходом на экран получается минимальным.

В данной работе приведены исследования диффузора с углом конусности θ = 8° и относительной длиной $\frac{l}{D_1} = 1{,}5$; n = 1,45; D_2 = 120,5 мм.

Для получения выходных характеристик потока из диффузора струя фотографировалась при различных режимах. На рисунке 1 приведены результаты фотографирования. Фотографии отредактированы с помощью компьютерной графики. Как видно из рисунка, струя имеет различную форму и очертания. Обрабатывая параметры струи, определены коэффициенты Кориолиса по формуле:

$$\alpha = \frac{1}{F_2}\int_{F_2}\left(\frac{v}{v^2}\right)dF. \qquad (5)$$

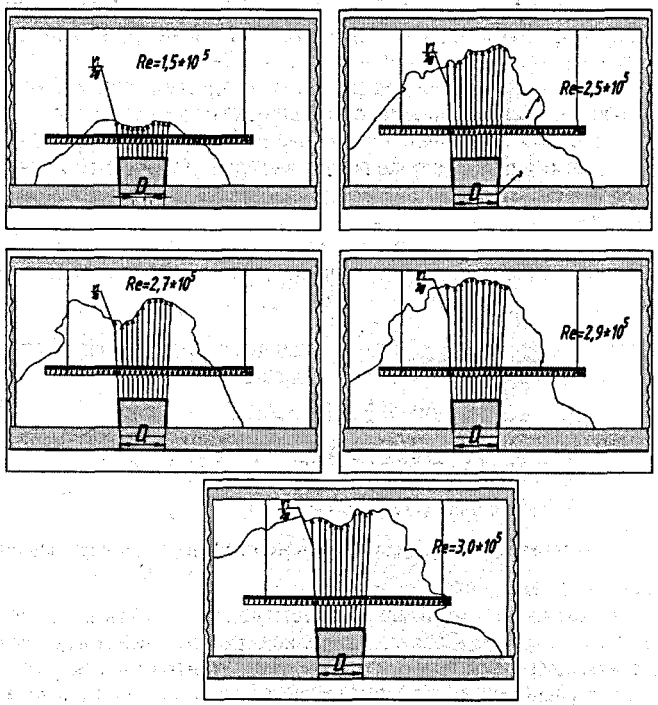
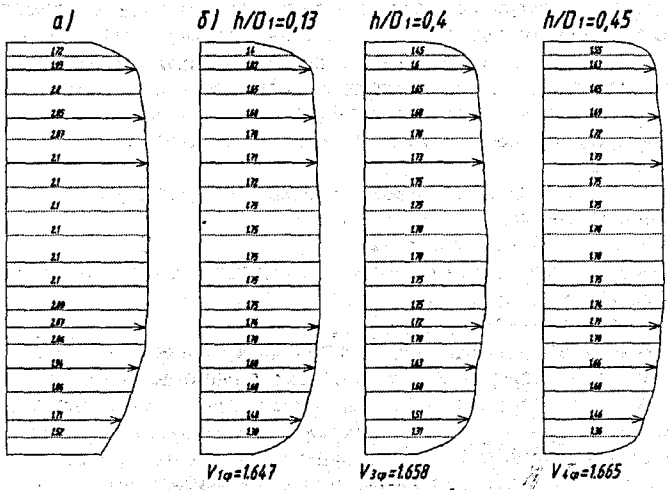


Рисунок 1 – Поток, выходящий из диффузора в атмосферу без экрана

Величина скорости в сечениях определена графическим способом из величины скоростного напора $\frac{v_i^2}{2g}$. Для этого в отводящую камеру помещена масштабная линейка. Результаты расчётов показали, что коэффициент Кориолиса меняется от $\alpha = 1{,}18$ до $\alpha = 1{,}28$.

Для построения эпюры скоростей после установки экрана в нём были устроены отверстия, к которым были подсоединены пьезометры, по которым определялись показания гидродинамического давления. В результате проведённых исследований были получены эпюры. На рисунке 2 представлены эпюры скоростей при выходе потока из диффузора $\theta = 8^{\circ}$, $\frac{l}{D_1} = 1{,}5$ на экран в атмосферу, эпюра скорости имеет более равномерный характер их распределения. Коэффициент Кориолиса колеблется в пределах $\alpha = 1{,}015 \div 1{,}026$, при $Re = 2{,}3 * 10^5$ и относительном расстоянии t = 20 мм. Величина же коэффициента Кориолиса при затопленном истечении имеет тенденцию к уменьшению своей величины от $\alpha = 1{,}026$ при $h_{под} = 0{,}13$ м до $\alpha = 1{,}01$ при $h_{под} = 0{,}45$ м и $Re = 2{,}03 * 10^5$. Это видно из эпюр, где с увеличением глубины подтопления профиль скоростей выравнивается.

При определении величины коэффициента сопротивления ζ_g при выходе потока из диффузора на экран в атмосферу и при затопленном истечении учтены величины коэффициента Кориолиса.



а) выход в атмосферу на экран $h/D_1 = 0.5$, $Re = 2{,}8 * 10^5$;

б) выход на подтопленный экран при различных h/D_1 и $Re = 2{,}4 * 10^5$

Рисунок 2 – Эпюры скоростей на выходе из диффузора $\theta = 8^{\circ}$; $L/D_1 = 1{,}5$

Список цитированных источников

1. Карелин, В.Я. Гидравлические характеристики прямоосных конических диффузоров гидроэнергетических установок / В.Я. Карелин, Н.В. Громик, В.В. Волшаник // Гидроэнергетическое строительство». – М., 1987. – №3. – С. 31-35.

2. Идельчик, И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.: Машиностроение, 1975. – С. 560.

3. Волшаник, В.В. Экспериментальное исследование характеристик закрученного потока жидкости в прямоосном коническом диффузоре / В.В. Волшаник, В.В. Казенов. // Вопросы гидравлики. – М.: МИСИ, 1974.

4. Губин, М.Ф. Отсасывающие трубы гидроэлектростанций. – М.: Энергия, 1970. – 270 с.

УДК 576.8+579.2
Худобич Д.С.
Научный руководитель: м.б.н., ст. преподаватель Кобринец Л.А.

МИКРОБИОЦЕНОЗ ПОМЕЩЕНИЙ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Так как в городах проживает около 2/3 граждан Беларуси, причем значительная доля проводимого времени приходится на пребывание в местах массового скопления людей – в офисах, кинотеатрах, аптеках, магазинах, институтах и т. п., встает вопрос о качестве воздуха в таких помещениях. Специалистами установлено, что загрязнение воздуха внутри помещений может во много раз превосходить наружное [1]. Так по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), загрязнения воздуха внутри помещений входит в десятку основных факторов риска для здоровья и жизни современного человека.

Микрофлору воздуха чаще всего составляют микрококки, сардины, споры бактерий и плесневых грибов, дрожжи. Микробиоценоз воздуха отличается тем, что содержит много пигментированных, а также спороносных бактерий, как более устойчивых к ультрафиолетовым лучам (сарцины, стафилококки, сенная палочка и другие) [2]. Наибольшее количество микроорганизмов наблюдается в воздухе закрытых помещений при большом скоплении людей, плохой вентиляции, при нарушении санитарного режима и личной гигиены. Особенно это актуально в общественных местах: кинотеатрах, вокзалах, школах и других. В воздухе могут находиться и болезнетворные микроорганизмы, например, туберкулезные и дифтерийные палочки, гноеродные стафилококки, возбудители гриппа, сибирской язвы и другие. И хотя в воздухе микробы размножаться не могут, однако микробный состав его имеет большое значение для здоровья человека, так как вместе с воздухом микробы переносятся с места на место, попадают на пищевые продукты и предметы обихода [3].

При санитарно-гигиенической оценке помещений исследование воздуха проводится по следующим показателям:

- ОМЧ (общее микробное число) в 1 м^3;
- содержание гемолитических стрептококков и стафилококков (санитарно-показательные микроорганизмы воздуха);
- споры плесневых грибов и дрожжей.

Воздух закрытых помещений считается чистым, если количество микроорганизмов в 1 м^3 не превышает 1500, а содержание гемолитических стрептококков – не более 10.

Если в воздухе обнаружены патогенные микроорганизмы, то он считается загрязнённым и эпидемиологически опасным [4]. В связи с актуальностью проблемы биологического загрязнения воздуха нами была предпринята попытка оценить качество воздушной среды в УО «Брестский государственный технический университет».

Объектом исследования является микробиоценоз закрытых помещений.

Цель работы: исследование гигиенической и эпидемиологической обстановки воздушной среды учебных помещений.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. Седиментация и идентификация микроорганизмов/
2. Вычисление степени обсеменённости воздуха микроорганизмами.

Объектом исследования является микробиоценоз помещений УО «Брестский государственный технический университет».

Для посева микроорганизмов использовался питательный мясо-пептонный агар.

Для проведения микробиологической экспертизы воздуха был использован седиментационный метод по Коху [5]. С помощью данного метода определяли общее микробное число воздуха.

Проведенные исследования показывают, что наибольшей обсемененностью обладает воздух гардероба, наименьшей – лестничной клетки. Результаты исследований показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Санитарно-гигиенические показатели воздуха

Показатели	Пробы воздуха		
	Гардероб	Столовая	Лестничная клетка
Количество колоний	37	2	11
Микробное число	4700	2500	1400+
Споры грибов	-	+	-
Гемолитические стрептококки	-	-	-

Кроме подсчета колоний провели изучение культуральных свойств выросших в чашках колоний микроорганизмов. Рассматривая выросшие колонии в проходящем свете невооруженным глазом (макроскопически) и с помощью лупы, описали морфолого-культуральные признаки выросших колоний (указаны в таблице 2) [5, 6].

Таблица 2 – Культуральные и морфологические признаки выросших в чашках колоний

Пробы воздуха	Гардероб			Столовая		Лестничная клетка	
Количество колоний одного типа	1	1	35	2	Плеснев. гриб	10	1
Культуральные свойства колоний:							
1. Форма	Неправ	Неправ	Кругл	Кругл		Круг	Круг
2. Цвет	Бел	Бел	Зелен	Желт		Бел	Желт
3. Край	Ровн	Волнист	Ровн	Ровн		Лопас	Ровн
4. Центр	Есть	Есть	Нет	Нет		Есть	Нет
5. Рельеф	Враст	Враст	Плоск	Враст		Враст	Враст
6. Поверхность	Шер	Шер	Гладк	Зернист		Вып	Зерн
7. Размеры	Крупн	Крупн	Точ	Крупн		Средн	Крупн
8. Структура	Гомог	Гетерог	Гомог	Гомог		Гомог	Гомог
9. Прозрачность	Непрозр	Полупрозр	Прозр	Непрозр		Полупрозр	Непрозр

Проведя данные исследования, были сделаны выводы о том, что:

- Помещение гардероба содержит повышенную микробиологическую нагрузку.
- Помещение столовой содержит споры грибов, не допустимых для объектов питания.

Таким образом, в гардеробе и столовой превышен лимит санитарно-гигиенической нагрузки. Для создания оптимального баланса микрофлоры необходимо ввести дополнительные меры по очистке воздуха, простейшими из которых являются проветривание и влажная уборка с дезинфицирующими средствами.

Список цитированных источников

1. Фомин, Г.С. Качество воздуха внутри помещений / Г.С. Фомин, О.Н. Фомина // Воздух. Контроль загрязнений по международным стандартам. Глава 17. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ecospace.ru/ecology/science/air/ – Дата доступа: 01.02.12.

2. Основы микробиологии, вирусологии и иммунологии / Под ред. А.А.Воробьева, Ю.С.Кривошеина – М.: Мастерство, Высш. шк., 2001. – 224 с.

3. Еремина, И.А. Микробиология: учебное пособие / И.А. Еремина; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 1997. – 114 с.

4. Бакулина, Н.А. Микробиология / Н.А. Бакулина, Э.Л. Краева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 1980. – 448 с.

5. Лысак, В.В. Микробиология: Методические рекомендации к лабораторным занятиям, контроль самостоятельной работы студентов / В.В. Лысак, Р.А. Желдакова. – Мн.: БГУ, 2002. – 97 с.

6. Еремина, И.А. Лабораторный практикум по микробиологии: учебное пособие / И.А. Еремина, О.В. Кригер; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2005. – 112 с.

УДК635.9:582.635.3
Чеканова Д.М., Друженя Д.Н.
Научный руководитель: зав. уч. лабораторией Прилуцкая О.Е.

ИЗУЧЕНИЕ ФИТОНЦИДНОЙ АКТИВНОСТИ КОМНАТНЫХ РАСТЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ПЕЛАРГОНИИ ЗОНАЛЬНОЙ И БЕГОНИИ КЛУБНЕВОЙ

Нами было проведено исследование влияния растений рода пеларгонии и бегоний на общее содержание бактерий в аудиториях. Эти растения, как и многие другие, обладают фитонцидными свойствами. Роль комнатных растений в улучшении экологии помещения исследовалась через определение бактериальной загрязненности воздуха в учебных кабинетах. Для санитарно-гигиенической оценки воздуха определяют общее количество микробов, находящихся в 1 куб.м. воздуха. При исследовании воздуха закрытых помещений большое значение имеет способ выделения микроорганизмов из воздуха. В зависимости от принципа улавливания бактерий микробиологические методы исследования воздуха разделяют на седиментационные, фильтрационные и аспирационные. Аспирационный метод связан с применением аппарата Кротова, ПАБ, ПОВ – 1 и других аналогичных моделей. Конструкция аппарата основана на принципе ударного действия струи воздуха. Скорость протягивания воздуха 25 л/мин. Для определения общего содержания микроорганизмов пропускают 100 л воздуха. При отсутствии пробоотборников допускается производить исследования микрофлоры воздуха закрытых помещений методом седиментации (оседания) на чашку Петри с мясопептонным агаром для определения общей обсемененности воздуха в течение 10 минут. Посевы инкубируют при 37°С в течение 24 часов, после чего подсчитывают количество выросших колоний и производят пересчет на 1 куб. м. воздуха. Это проводится в соответствии с инструкцией по бактериологическому контролю качества проведения противоэпидемических мероприятий (приложение к приказу Комитета здравоохранения №420 от 17.08.98.). Мной был использован метод седиментации, так как он проще в проведении, не требует применения приборов.

Исследования воздуха проводились в учебное время в трех аудиториях, имеющих одинаковую площадь 54 кв. м., расположенных с одной стороны здания, имеющих одинаковую освещенность и температурный режим, типовую мебель. Исходя из литературных данных об уровне фитонцидности, были выбраны растения из рода бегоний и пеларгонии (герани). За неделю до начала исследования была подготовка помещений: убраны комнатные цветы и помещены растения в соответствии с опытом.

Варианты опыта:

I – аудитория 437 – 20 растений герани

II – аудитория 429 – 20 растений бегонии

III – аудитория 435- контроль (растений нет, убраны за неделю до опыта). Растения были выбраны примерно с одинаковой зеленой массой. Определение фитонцидной активности проводилось по исследованию содержания бактерий в аудиториях в дни с полной нагрузкой (6 занятий) и учащихся одних и тех же групп. Для проведения опыта были взяты 6 стерильных чашек с питательной средой (мясопептонный агар).

Посев производился до занятий в 8:20 - 8:30 и после 6 занятия до влажной уборки. После посева чашки в течение 24 часов выдерживались в термостате при 37°С. Через сутки подсчитывали число колоний в каждой чашке (см рис. 5, 6, 7) и, умножая на расчетный коэффициент 54, определялось число бактерий в 1 куб. м.

Определили объём воздушного столба над чашками Петри:
$R_{чашки\ Петри}$ = 4,75 см;
$S_{чашки\ Петри}$ = 3,14 • $4,75^2$ = 70,85 ($см^2$)
Высота воздушного столба над чашками Петри – 260 см.
$V_{воздушного\ столба}$ = 70,85 • 260 = 18420 ($см^3$)
Расчет коэффициента перевода количества бактерий на 1 $м^3$
К =1000000 : 18420 = 54.

Таблица 1 – Результаты опыта

Вариант	Наличие растений	Посев бактерий		Число бактерий в 1 $м^3$ воздуха	
		до занятий/ кол-во колоний	после занятий/ кол-во колоний	до занятий, шт.	после занятий. шт.
Ауд.435	Нет растений (контроль)	1	8	54	432
Ауд. 429	Бегония 20 шт.	нет	3	нет	162
Ауд. 437	Герань 20 шт.	1	4	54	216

Из результатов, приведенных в таблице, видно, что содержание бактерий в воздухе учебных кабинетов невысоко и соответствует санитарным требованиям. Виды бактерий не определялись. Они могли быть почвенными сапрофитами и бактериями, выделяемыми со слизистых оболочек детей.

Бегония и пеларгония обладают выраженной фитонцидной активностью, что проявляется в меньшем содержании бактерий в воздухе в кабинетах с комнатными цветами. Бегонии являются хорошими фитонцидными растениями и могут быть рекомендованы для озеленения, так как обладают преимуществом перед геранями – отсутствием запаха.

Список цитированных источников

1. Ткаченко, К.Г. Фитоэргономика / К.Г. Ткаченко, И.В. Потекушина. – Киев: Наук.думка, 1999. – 135 с.

УДК 666.97:546

Чернявская В.Р., Банько И.В.
Научный руководитель: доцент Левчук Н.В.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Воздействию внешней окружающей среды подвержены все без исключения конструкции и сооружения. Гидротехнические сооружения, способствующие транзиту, хранению, обезвреживанию агрессивных жидкостей подвергаются воздействию и изнутри.

Для бетона гидротехнических и ряда других сооружений важной характеристикой является его проницаемость. Она в известной мере определяет способность материала сопротивляться воздействию увлажнения и замерзания, влиянию различных атмосферных факторов и агрессивных сред. Для практики наибольшее значение имеет водопроницаемость бетона. Проницаемость бетона зависит от его пористости, структуры пор и свойств вяжущего и заполнителей. Бетон является капиллярно-пористым материалом, как бы пронизанным тончайшей сеткой пор и капилляров различных размеров [1].

Именно капиллярно-пористая структура цементного камня в бетоне определяет интенсивность взаимодействия внешней среды и бетона. Коррозионные процессы начинаются на поверхности раздела внешней среды и бетона и развиваются в глубине материала в порах и капиллярах. Кинетика и степень разрушающего действия различных

коррозионных процессов определяются особенностями структуры бетона и цементного камня. Проницаемость бетона является функцией его структуры [2].

Одним из свойств, характеризующих структуру материала, являются химические характеристики, определяющие его устойчивость к компонентам внешней среды. Такие свойства как растворимость в воде, способность реагировать с водой или стойкость в контакте с ней, термическая устойчивость в интервале температур, содержание гидроксида кальция, выделяющегося при действии водных растворов, влияют на структурообразование на атомно-молекулярном уровне.

Большое значение при формировании структуры цементного камня и бетона имеют новообразования (микрокристаллы), которые обуславливают такие свойства, как плотность и прочность. Новообразования появляются, как правило, в поровом пространстве. В свою очередь пористость – это важная характеристика для стойкости цементных материалов, поскольку в поровом пространстве развиваются коррозионные процессы.

Формы пор в структуре бетона многообразны, размеры их различаются в миллионы раз. Поведение жидкостей и годов в таких порах неодинаково, что способствует протеканию коррозионных процессов с различной скоростью.

Поры цементного камня можно разделить по происхождению. В процессе твердения и формирования цементного камня первоначальные промежутки между частицами цемента заполняются пористым материалом – цементным гелем. Часть объема, первоначально занятого водой, формирует поры капиллярных размеров.

Кроме пор, образующихся при затворении цемента, появляются поры из-за вовлечения воздуха при перемешивании смесей и недостаточного уплотнения.

В целом структура порового пространства характеризуется количеством пор различных размеров и форм. Различие в размерах пор является причиной изменения механизма передвижения жидкости или газа в основных порах и появления на входе и выходе из пор малого размера. Это создаёт эффект непроницаемости при слабых градиентах давления.

Поры различают по состоянию и поведению в них воды:

1. Ультрамикропоры с радиусом меньше 50А°. В таких порах вода находится под действием молекулярных поверхностных сил твердой фазы.

2. Микропоры с радиусом 50 – 100А°. Проницаемость порового пространства при различных физико-химических воздействиях зависит от количества воды в порах. Объем воды, содержащейся за счет поверхностных сил твердой фазы, соизмерим с объемом воды, заполняющей поры.

3. Микропоры с радиусом более 1000А° (0,1 мкм), в которых основное количество воды, за исключением адсорбционного слоя, свободно. Такие поры являются основными путями перемещения жидкой и газообразной фаз в бетоне.

В бетонах необходимо учитывать не только распределение пор по размерам, но и по характеру пористости (замкнутая, капиллярная, сквозная).

Изменение проницаемости бетона в ходе эксплуатации при наличии градиента напора происходит как вследствие выщелачивания, так и в результате других факторов – отложения продуктов реакции в результате взаимодействия солей и кольматации (закупорки пор за счет фильтрования мелких твердых частиц в воде). При соприкосновении твердого капиллярно-пористого тела с агрессивной средой устанавливается равновесие между жидкостями в порах и снаружи. Равновесие подвижно и нарушается, если:

1. Агрессивные вещества в воде взаимодействуют с составляющими цементного камня с нарушением его прочности.

2. Если происходят процессы адсорбции на внутренней поверхности капиллярно-пористого тела.

3. Происходит химическое взаимодействие компонентов в воде с материалами стенок и пор. В результате этих процессов создается перепад концентрации агрессивного вещества от поверхности вглубь.

Скорость процессов разрушения бетона и железобетона, омываемых водой или при насыщении водой, определяется суммарной скоростью всех процессов (процессов внешней диффузии – подвод и отвод к поверхности агрессивной среды и внутренней диффузии ионов электролита в порах цементного камня). Общая скорость коррозии будет определяться скоростью самой медленной реакции. Лимитирующей скоростью процесса является скорость внутренней диффузии.

При изучении структуры цементных материалов всегда учитывается фактор времени, так как в течении 28 дней происходит самоуплотнение или появляется способность к самоуплотнению. В начальный период эффект самоуплотнения бетона идёт под видом фильтрации воды и гидроксида кальция. Гидроксид кальция вымывается на поверхность, взаимодействует с углекислым газом и образует защитный слой [3].

Интенсивность коррозии определяется интенсивностью фильтрации через слой бетона, а при малых скоростях фильтрации преобладающим становится диффузный механизм переноса.

Цементный камень без добавок имеет неоднородную структуру с неравномерным распределением крупных пор неправильной формы. Структура камня с добавкой модификатора характеризуется большей, по сравнению с цементным камнем без модификатора, степенью исходных зерен. Отсутствие зерен негидратированного цемента и однородность поровой структуры являются подтверждением способности вводимого компонента оказывать пептизирующее влияние на процессы структурирования цементного геля и его гомогенизацию.

Как известно, гидратация всех минералов цементного камня начинается в момент контакта с водой. Из перенасыщенного раствора на границе раздела фаз (на поверхности цементного зерна) возникают зародыши гидратных фаз в виде бугорков роста, которые быстро приобретают форму чешуек мельчайших гексагональных форм, характерных для гидросиликатов кальция; мельчайших пластин для гидроксидов кальция, переходящих в гексагональные усеченные пирамиды (влокнистые, игольчатые кристаллы); гексагональных пластинок и кубических форм кристаллов для гидроалюминатов и, в присутствие гипса, призм и неправильных форм иглообразных кристаллов эттрингита.

Гидратированная масса модифицированного цементного камня имеет большую степень закристаллизованности; не наблюдаются характерные иглоподобные мелкие кристаллы эттрингита, а также нет крупных иглоподобных кристаллов двуводного гипса. Заметно скопление сгруппированных участков кристаллов неправильной формы, которые можно идентифицировать как гексагональные. Наблюдается повышение однородности и плотности структуры цементного камня [4].

В нашей работе исследовались образцы состава:

1 серия образцов (цементный камень)

- 610 г цемента
- 305 г извести
- 355 г песка
- 458.8 г алюминия

а) контрольный образец затворён водой;
б) контрольный образец затворён коллоидным раствором гидроксида алюминия.
2 серия образцов (цементно-известковый камень)
- 610 г цементного камня
- 183 г воды
- 396.6 алюминия
- 2440 песка

а) контрольный образец затворён водой;
б) контрольный образец затворён коллоидным раствором гидроксида алюминия.

Список цитированных источников

1. http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-176-technologia-betona/58.htm.
2. Москвин, В.М. Коррозия бетона и железобетона, метода их защиты / В.М. Москвин, Ф.М. Иванов. – Москва: Стройиздат, 1980. – С. 535.
3. Иванов, Ф.И. Защита строительных конструкций промышленных зданий от коррозии / Ф.И. Иванов, Ю.А. Савина. – Москва: Стройиздат, 1973. – С. 145.
4. Левчук, Н.В. Модифицирование портландцементных систем коллоидальным гидроксидом алюминия. – Брест: Издательство БрГТУ, 2006. – С. 58.

УДК 631.874:631(574)

Ярощик А.А.
Научный руководитель: ст. преподаватель Шешко Н.Н.

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В настоящее время человечество, как никогда раньше, интенсивно изменяет первозданный вид Земли, вмешивается в естественные природные процессы, способствует внесению в природную среду не характерных для нее загрязняющих химических веществ. Вследствие этого стремительно ухудшаются экологические показатели окружающей среды, что оказывает резко негативное воздействие на здоровье людей.

Одним из способов снижения антропогенного воздействия на природную среду при ведении сельского хозяйства является внедрение органического сельского хозяйства.

Органическое сельское хозяйство представляет собой производственную систему, которая исключает использование искусственных удобрений, пестицидов, регуляторов роста и химических кормовых добавок. Для достижения высокого урожая, поддержания плодородия почвы и ее пахотного слоя применяются органические удобрения, азотфиксирующие бобовые культуры, зеленые удобрения, принципы севооборотов, механическая культивация почв и биологические способы борьбы с вредителями.

Органическими называются удобрения, состоящие из веществ животного и растительного происхождения. К ним относят: навоз, компост, торф, солому, жмых, кострy, сапропель и другие [2].

Основными приоритетами органического сельского хозяйства являются: сохранение потенциала природной среды, поддержание почвенного плодородия и получение экологически чистых продуктов питания.

В Беларуси на государственном уровне органическое сельское хозяйство еще не практикуется, но осознание надобности его развития уже пришло, и делаются первые шаги для этого. Было принято Постановление Совета Министров РБ № 639 от

12.07.2012 г. о развитии органического сельского хозяйства в Беларуси, разрабатывается проект законодательного акта «Об органическом производстве» [1].

Успешному развитию белорусского органического сельского хозяйства на данный момент препятствуют следующие причины:

1) отсутствие официальных сертифицирующих организаций в республике. В связи с этим фермерские хозяйства, которые работают по принципам органического сельского хозяйства и выращивают экологически чистую продукцию, могут получить соответствующую сертификацию только в зарубежных организациях, что вызывает значительные материальные и временные затраты. Таким образом, многие органические фермерские хозяйства не имеют сертификации и на рынках сбыта не могут официально обозначать свою продукцию как органическую;

2) отсутствие стандартов на технологию ведения органического сельского хозяйства. Отсутствие данного стандарта оставляет неточность и различия в правилах ведения органического сельского хозяйства среди фермеров;

3) отсутствие льгот по налогам на прибыль. В большинстве стран, где уже успешно существует органическое сельское хозяйство, есть специальные программы льгот по налогам на прибыль в этой области. Такая политика стимулирует фермерские хозяйства на переход к органическому сельскому хозяйству и показывает правительственную поддержку данной области;

4) отсутствие механизма льготных платежей на снижение загрязнения и истощение окружающей среды сельхозпроизводителями. Данный механизм имеет большое значение, так как один из основных принципов органического сельского хозяйства – это сохранение природного потенциала. Создание системы льготных платежей позволит материально поддержать органических сельхозпроизводителей и поможет развитию органического сельского хозяйства;

5) отсутствие сформировавшегося рынка сбыта органической продукции. На данный момент в Беларуси практически не имеется оптовых запросов на закупку органической продукции. Коммерческие и государственные продовольственные магазины еще не оценили важность и выгоду распространения таких продуктов. И, как следствие, в органических фермерских хозяйствах существуют сложности с реализацией полученного урожая. Некоторые белорусские органические фермеры продают свою продукцию за границу.

В этой связи видится необходимым проведение ряда организационных и юридических мероприятий и работ для повышения привлекательности развития данного вида сельского хозяйства. Научное сопровождение позволит повысить экономический эффект органического земледелия в совокупности с поддержанием основных принципов агрономии. Обозначив существующие проблемы, можно сделать вывод, что для успешного внедрения органического сельского хозяйства в Беларуси необходима правительственная поддержка. В первую очередь это разработка нормативных актов и стандартов, проведение мероприятий по популяризации органического сельского хозяйства.

Список цитированных источников

1. Органическое сельское хозяйство Беларуси: перспективы развития: материалы Международной научно-практической конференции / Н.И. Поречина. – Минск: Донарит, 2012. – 104 с.

2. Международная федерация органического сельскохозяйственного движения (IFOAM). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ifoam.org/index.html. – Дата доступа: 22.03.2013.

ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 517.8
Антоник И.А.
Научные руководители: к.т.н., доцент Махнист Л.П., доцент Гладкий И.И.

О МОМЕНТАХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПУАССОНА

Пуассона распределение – распределение вероятностей случайной величины X, принимающей целые неотрицательные значения $k = 0,1,2,\ldots$ с вероятностями

$$P(X = k) = p_k = e^{-\lambda}\frac{\lambda^k}{k!},$$

где $\lambda > 0$ – параметр.

Начальным моментом n-го порядка ($n = 0,1,2,\ldots$) случайной величины называется $\alpha_n = M\left(X^n\right)$.

Учитывая разложение функции e^x в ряд Маклорена, получим, что

$$\alpha_0 = \sum_{k=0}^{+\infty} p_k = e^{-\lambda}\sum_{k=0}^{+\infty}\frac{\lambda^k}{k!} = e^{-\lambda}\cdot e^{\lambda} = 1.$$

Функция распределения закона Пуассона:

$F(x) = P(X < x) = 0$, если $x \le 0$, и $F(x) = P(X < x) = e^{-\lambda}\sum\limits_{k=0}^{\lceil x\rceil-1}\frac{\lambda^k}{k!}$, если $x > 0$,

где $\lceil x\rceil$ – наименьшее целое, большее или равное x: $\lceil x\rceil = \min\{n \in Z \mid n \ge x\}$.

Рассмотрим функцию $F(m+1,\lambda) = 1 - \frac{1}{m!}\int\limits_0^{\lambda} y^m e^{-y}dy$.

Заметим, что $F(1,\lambda) = 1 - \frac{1}{0!}\int\limits_0^{\lambda} y^0 e^{-y}dy = 1 - \int\limits_0^{\lambda} e^{-y}dy = 1 + e^{-y}\Big|_0^{\lambda} = e^{-\lambda} = p_0$.

Используя метод интегрирования по частям, получим:

$$F(m+1,\lambda) = 1 - \frac{1}{m!}\int_0^{\lambda} y^m e^{-y}dy = 1 + \frac{1}{m!}\int_0^{\lambda} y^m de^{-y} = 1 + \frac{1}{m!}\left(y^m e^{-y}\Big|_0^{\lambda} - \int_0^{\lambda} e^{-y}dy^m\right) =$$

$$= 1 + e^{-\lambda}\frac{\lambda^m}{m!} - \frac{1}{(m-1)!}\int_0^{\lambda} e^{-y}y^{m-1}dy = e^{-\lambda}\frac{\lambda^m}{m!} + F(m,\lambda) = \sum_{k=1}^{m} p_k + F(1,\lambda) = \sum_{k=0}^{m} p_k.$$

Следовательно, функцию распределения *F(x)* можно определить следующим образом:

$F(x) = P(X < x) = 0$, если $x \le 0$,

$F(x) = P(X < x) = \sum\limits_{k=0}^{\lceil x\rceil-1} p_k = F(\lceil x\rceil,\lambda) = 1 - \frac{1}{(\lceil x\rceil-1)!}\int\limits_0^{\lambda} y^{\lceil x\rceil-1}e^{-y}dy$, если $x > 0$.

Заметим, что для любого целого неотрицательного числа *m* выполняется:

$$\frac{1}{m!}\int_0^{+\infty} y^m e^{-y}dy = -\frac{1}{m!}\int_0^{+\infty} y^m e^{-y}de^{-y} = -\frac{1}{m!}\left(y^m e^{-y}\Big|_0^{+\infty} + \int_0^{+\infty} e^{-y}dy^m\right) =$$

$$= \frac{-1}{m!}\lim_{y\to+\infty} y^m e^{-y} + \frac{m}{m!}\int_0^{+\infty} e^{-y}y^{m-1}dy = \frac{1}{(m-1)!}\int_0^{+\infty} e^{-y}y^{m-1}dy = 1 - \lim_{y\to+\infty} e^{-y} = 1.$$

Следовательно,

$$F(m+1,\lambda) = 1 - \frac{1}{m!}\int_0^{\lambda} y^m e^{-y}dy = \frac{1}{m!}\int_0^{+\infty} y^m e^{-y}dy - \frac{1}{m!}\int_0^{\lambda} y^m e^{-y}dy = \frac{1}{m!}\int_{\lambda}^{+\infty} y^m e^{-y}dy.$$

Математическое ожидание закона распределения Пуассона (начальный момент 1-го порядка):

$$\alpha_1 = M(X) = \sum_{k=0}^{+\infty} kp_k = e^{-\lambda}\sum_{k=0}^{+\infty}\frac{k\lambda^k}{k!} = \lambda e^{-\lambda}\sum_{k=1}^{+\infty}\frac{\lambda^{k-1}}{(k-1)!} = \lambda e^{-\lambda}\sum_{k=0}^{+\infty}\frac{\lambda^k}{k!} = \lambda e^{-\lambda}\cdot e^{\lambda} = \lambda.$$

Вычислим начальный момент 2-го порядка:

$$\alpha_2 = \sum_{k=0}^{+\infty} k^2 p_k = e^{-\lambda}\sum_{k=0}^{+\infty}\frac{k^2\lambda^k}{k!} = \lambda e^{-\lambda}\sum_{k=1}^{+\infty}\frac{k\lambda^{k-1}}{(k-1)!} = \lambda e^{-\lambda}\sum_{k=1}^{+\infty}\frac{\left(\lambda^k\right)'}{(k-1)!} =$$

$$= \lambda e^{-\lambda}\left(\sum_{k=1}^{+\infty}\frac{\lambda^k}{(k-1)!}\right)' = \lambda e^{-\lambda}\left(\lambda\sum_{k=1}^{+\infty}\frac{\lambda^{k-1}}{(k-1)!}\right)' = \lambda e^{-\lambda}\left(\lambda\sum_{k=0}^{+\infty}\frac{\lambda^k}{k!}\right)' =$$

$$= \lambda e^{-\lambda}\left(\lambda e^{\lambda}\right)' = \lambda e^{-\lambda}\left(\lambda' e^{\lambda} + \lambda(e^{\lambda})'\right) = \lambda e^{-\lambda}\left(1\cdot e^{\lambda} + \lambda e^{\lambda}\right) = \lambda(1+\lambda) = \lambda + \lambda^2.$$

Начальный момент 2-го порядка можно вычислить иначе:

$$\alpha_2 = \sum_{k=0}^{+\infty} k^2 p_k = e^{-\lambda}\sum_{k=0}^{+\infty}\frac{k^2\lambda^k}{k!} = e^{-\lambda}\sum_{k=0}^{+\infty}\frac{(k+k(k-1))\lambda^k}{k!} =$$

$$= e^{-\lambda}\left(\sum_{k=0}^{+\infty}\frac{k\lambda^k}{k!} + \sum_{k=0}^{+\infty}\frac{k(k-1)\lambda^k}{k!}\right) = e^{-\lambda}\left(\lambda\sum_{k=1}^{+\infty}\frac{\lambda^{k-1}}{(k-1)!} + \lambda^2\sum_{k=2}^{+\infty}\frac{\lambda^{k-2}}{(k-2)!}\right) =$$

$$= e^{-\lambda}\left(\lambda\sum_{k=0}^{+\infty}\frac{\lambda^k}{k!} + \lambda^2\sum_{k=0}^{+\infty}\frac{\lambda^k}{k!}\right) = e^{-\lambda}\left(\lambda e^{\lambda} + \lambda^2 e^{\lambda}\right) = \lambda + \lambda^2$$

Здесь использовалось соотношение $k^2 = k + k(k-1)$. Несложно проверить, что $k^3 = k + 3k(k-1) + k(k-1)(k-2)$. Тогда начальный момент 3-го порядка:

$$\alpha_3 = \sum_{k=0}^{+\infty} k^3 p_k = e^{-\lambda}\sum_{k=0}^{+\infty}\frac{k^3\lambda^k}{k!} = e^{-\lambda}\sum_{k=0}^{+\infty}\frac{(k+3k(k-1)+k(k-1)(k-2))\lambda^k}{k!} = \lambda + 3\lambda^2 + \lambda^3.$$

Можно проверить, что $k^4 = k + 7k(k-1) + 6k(k-1)(k-2) + k(k-1)(k-2)(k-3)$. Тогда начальный момент 4-го порядка:

$$\alpha_4 = \sum_{k=0}^{+\infty} k^4 p_k = e^{-\lambda}\sum_{k=0}^{+\infty}\frac{(k+7k(k-1)+6k(k-1)(k-2)+k(k-1)(k-2)(k-3))\lambda^k}{k!} =$$

$$= e^{-\lambda}\left(\lambda e^{\lambda} + 7\lambda^2 e^{\lambda} + 6\lambda^3 e^{\lambda} + \lambda^4 e^{\lambda}\right) = \lambda + 7\lambda^2 + 6\lambda^3 + \lambda^4.$$

Найдем **начальные факториальные моменты** n-го порядка:

$$\alpha_{[n]} = M\left(X^{[n]}\right) = \sum_{k=0}^{+\infty} k^{[n]} p_k = e^{-\lambda}\sum_{k=0}^{+\infty}\frac{k^{[n]}\lambda^k}{k!} = e^{-\lambda}\sum_{k=0}^{+\infty}\frac{k(k-1)\cdot\ldots\cdot(k-n+1)\lambda^k}{k!} =$$

$$= e^{-\lambda}\sum_{k=n}^{+\infty}\frac{k(k-1)\cdot\ldots\cdot(k-n+1)\lambda^k}{k!} = \lambda^n e^{-\lambda}\sum_{k=n}^{+\infty}\frac{\lambda^{k-n}}{(k-n)!} = \lambda^n e^{-\lambda}\sum_{k=0}^{+\infty}\frac{\lambda^k}{k!} = \lambda^n.$$

Начальные моменты n-го порядка случайной величины X связаны с ее начальными факториальными моментами соотношением

$$\alpha_n = M\left(X^n\right) = M\left(S_n^{(n)}X^{[n]} + \ldots + S_1^{(n)}X^{[1]}\right) = \sum_{m=1}^{n} S_m^{(n)} M\left(X^{[m]}\right) = \sum_{m=1}^{n} S_m^{(n)}\alpha_{[m]}$$

где коэффициенты $S_m^{(n)}$ – числа Стирлинга второго рода.

Тогда для **начальных моментов** *n*-го порядка распределения Пуассона выполняется $\alpha_n = \sum_{m=1}^{n} S_m^{(n)} \lambda^m$. Например,

$$\alpha_1 = \sum_{m=1}^{1} S_m^{(1)} \lambda^m = S_1^{(1)} \lambda = \lambda \ - \text{математическое ожидание},$$

$$\alpha_2 = \sum_{m=1}^{2} S_m^{(2)} \lambda^m = S_1^{(2)} \lambda + S_2^{(2)} \lambda^2 = \lambda + \lambda^2,$$

$$\alpha_3 = \sum_{m=1}^{3} S_m^{(3)} \lambda^m = S_1^{(3)} \lambda + S_2^{(3)} \lambda^2 + S_3^{(3)} \lambda^3 = \lambda + 3\lambda^2 + \lambda^3,$$

$$\alpha_4 = \sum_{m=1}^{4} S_m^{(4)} \lambda^m = S_1^{(4)} \lambda + S_2^{(4)} \lambda^2 + S_3^{(4)} \lambda^3 + S_4^{(4)} \lambda^4 = \lambda + 7\lambda^2 + 6\lambda^3 + \lambda^4.$$

Начальный момент *n*-го порядка распределения Пуассона связан с начальными моментами более низких порядков этого распределения соотношением:

$$\alpha_n = \sum_{k=0}^{+\infty} k^n p_k = e^{-\lambda} \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{k^n \lambda^k}{k!} = \lambda e^{-\lambda} \sum_{k=1}^{+\infty} \frac{k^{n-1} \lambda^{k-1}}{(k-1)!} = \lambda e^{-\lambda} \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{(k+1)^{n-1} \lambda^k}{k!} =$$

$$= \lambda e^{-\lambda} \sum_{k=0}^{+\infty} \left(\sum_{l=0}^{n-1} C_{n-1}^{l} k^l \right) \frac{\lambda^k}{k!} = \lambda \sum_{i=0}^{n-1} \left(C_{n-1}^{i} e^{-\lambda} \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{k^i \lambda^k}{k!} \right) = \lambda \sum_{i=0}^{n-1} C_{n-1}^{i} \alpha_i.$$

Тогда, например,

$$\alpha_2 = \lambda \sum_{i=0}^{1} C_1^i \alpha_i = \lambda \left(C_1^0 \alpha_0 + C_1^1 \alpha_1 \right) = \lambda (\alpha_0 + \alpha_1) = \lambda (1 + \lambda) = \lambda + \lambda^2,$$

$$\alpha_3 = \lambda \sum_{i=0}^{2} C_2^i \alpha_i = \lambda \left(C_2^0 \alpha_0 + C_2^1 \alpha_1 + C_2^2 \alpha_2 \right) = \lambda (\alpha_0 + 2\alpha_1 + \alpha_2) = \lambda + 3\lambda^2 + \lambda^3,$$

$$\alpha_4 = \lambda \sum_{i=0}^{3} C_3^i \alpha_i = \lambda \left(C_3^0 \alpha_0 + C_3^1 \alpha_1 + C_3^2 \alpha_2 + C_3^3 \alpha_3 \right) = \lambda + 7\lambda^2 + 6\lambda^3 + \lambda^4.$$

Центральным моментом *n*-го *порядка* случайной величины X называется $\mu_n = M\left((X - M(X))^n \right)$. Очевидно, что $\mu_0 = 1$, $\mu_1 = 0$, $\mu_2 = D(X)$. Центральные моменты *n*-го порядка случайной величины X связаны с ее начальными моментами соотношением

$$\mu_n = M\left((X - M(X))^n \right) = M\left((X - \alpha_1)^n \right) = M\left(\sum_{m=0}^{n} (-1)^m C_n^m X^{n-m} \alpha_1^m \right) =$$

$$= \sum_{m=0}^{n} M\left((-1)^m C_n^m X^{n-m} \alpha_1^m \right) = \sum_{m=0}^{n} (-1)^m C_n^m M(X^{n-m}) \alpha_1^m = \sum_{m=0}^{n} (-1)^m C_n^m \alpha_{n-m} \alpha_1^m.$$

Найдем некоторые центральные моменты *n*-го порядка:

дисперсия $\mu_2 = D(X) = \alpha_2 - \alpha_1^2 = \left(\lambda^2 + \lambda \right) - \lambda^2 = \lambda$ *(среднее квадратичное отклонение* $\sigma(X) = \sqrt{D(X)} = \sqrt{\lambda}$*)*,

$$\mu_3 = \alpha_3 - 3\alpha_2 \alpha_1 + 2\alpha_1^3 = \lambda^3 + 3\lambda^2 + \lambda - 3(\lambda^2 + \lambda)\lambda + 2\lambda^3 = \lambda,$$

$$\mu_4 = \alpha_4 - 4\alpha_3 \alpha_1 + 6\alpha_2 \alpha_1^2 - 3\alpha_1^4 = 3\lambda^2 + \lambda.$$

Центральный момент n-го порядка распределения Пуассона связан с центральными моментами более низких порядков этого распределения соотношением:

$$\mu_n = \sum_{k=0}^{+\infty} (k-\lambda)^n p_k = e^{-\lambda} \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{(k-\lambda)^n \lambda^k}{k!} = \lambda e^{-\lambda} \sum_{k=1}^{+\infty} \frac{(k-\lambda)^{n-1} \lambda^{k-1}}{(k-1)!} -$$

$$-\lambda e^{-\lambda} \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{(k-\lambda)^{n-1} \lambda^k}{k!} = \lambda \sum_{i=0}^{n-2} C_{n-1}^i \mu_i + \lambda \mu_{n-1} - \lambda \mu_{n-1} = \lambda \sum_{i=0}^{n-2} C_{n-1}^i \mu_i$$

Используя соотношение $\mu_n = \lambda \sum_{i=0}^{n-2} C_{n-1}^i \mu_i$, получим:

$$\mu_2 = \lambda \sum_{i=0}^{0} C_1^i \mu_i = \lambda C_1^0 \mu_0 = \lambda,$$

$$\mu_3 = \lambda \sum_{i=0}^{1} C_2^i \mu_i = \lambda \left(C_2^0 \mu_0 + C_2^1 \mu_1 \right) = \lambda (1+0) = \lambda,$$

$$\mu_4 = \lambda \sum_{i=0}^{2} C_3^i \mu_i = \lambda \left(C_3^0 \mu_0 + C_3^1 \mu_1 + C_3^2 \mu_2 \right) = \lambda (1+0+3\lambda) = \lambda + 3\lambda^2.$$

Заметим, что **коэффициент асимметрии** $A = \frac{\mu_3}{\sigma^3} = \frac{\lambda}{\sqrt{\lambda^3}} = \frac{1}{\sqrt{\lambda}}$ (при положительной (отрицательной) асимметрии более «длинная» часть кривой плотности распределения лежит правее (левее) моды) и **эксцесса коэффициент** $E = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3 = \frac{3\lambda^2 + \lambda}{\sqrt{\lambda^4}} - 3 = \frac{1}{\lambda}$ (эксцесс – скалярная характеристика островершинности графика плотности вероятности унимодального (одномодального) распределения).

Коэффициент вариации $V(X) = \frac{\sigma(X)}{M(X)} = \frac{\sqrt{\lambda}}{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{\lambda}}$.

Очевидно, что $V(X) < 1$ $(V(X) > 1)$, если $\lambda > 1$ $(\lambda < 1)$.

Мода распределения $M_0(X) = k_0$, если $p_{k_0} \geq p_{k_0-1}$ и $p_{k_0} \geq p_{k_0+1}$.

Неравенство $p_{k_0} \geq p_{k_0-1}$ выполняется, если $\frac{\lambda^{k_0}}{k_0!} \geq \frac{\lambda^{k_0-1}}{(k_0-1)!}$ или $\frac{\lambda^{k_0}}{\lambda^{k_0-1}} \geq \frac{k_0!}{(k_0-1)!}$, т.е., когда $\lambda \geq k_0$.

Неравенство $p_{k_0} \geq p_{k_0+1}$ выполняется, если $\frac{\lambda^{k_0}}{k_0!} \geq \frac{\lambda^{k_0+1}}{(k_0+1)!}$ или $\frac{(k_0+1)!}{k_0!} \geq \frac{\lambda^{k_0+1}}{\lambda^{k_0}}$, т.е., когда $k_0 + 1 \geq \lambda$.

Следовательно, для моды $M_0(X) = k_0$ выполняется неравенство $\lambda - 1 \leq k_0 \leq \lambda$.

Таким образом, если $\lambda \notin N$, то распределение имеет моду $M_0(X) = [\lambda]$, где $[\lambda]$ – целая часть параметра λ, и распределение является унимодальным (одномодальным).

Если же $\lambda \in N$, то распределение имеет две моды $M_0(X) = \lambda - 1$ и $M_0(X) = \lambda$, и распределение является бимодальным (двухмодальным).

Список цитированных источников

1. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Высшая школа, 1999. – 576 с.

2. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн – М.: Наука, 1977. – 831 с.

УДК 681.3
Брагинский А.А., Концевой М.М.
Научный руководитель: профессор Муравьев Г.Л.

ПОДХОДЫ, КЛАССЫ, АЛГОРИТМЫ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ

Обучение конструированию программ предполагает выработку специальных навыков, включая спецификацию предметной области, прецедентов, проектирование архитектуры, алгоритмов, спецификацию алгоритмов, кодирование модулей на языках высокого уровня (ЯВУ), тестирование спецификаций, документирование проектных решений т.п. [1]. Существует много систем, автоматизирующих обучение. Однако конструирование программ в части работы со спецификациями, архитектурой, модульного проектирования, прототипирования, генерации каркасов слабо поддержаны обучающими средами [2-4]. Как правило, отсутствуют отладчики спецификаций, нет средств генерации текстов на ЯВУ. Оценка корректности проектных решений, спецификаций, локализация ошибок, тесно связанные с обучением конструированию программ, производится преимущественно вручную.

Качество обучения можно повысить использованием специальных компьютерных сред, подобных системам программирования, системам автоматизации проектирования, базирующимся на принципе прототипирования программ. Это обеспечивает по аналогии с указанными средствами системность обучения, исполнимость и проверяемость спецификаций проектных решений [4].

В практике разработки ПО прототипирование является этапом получения пробных версий программ и предусматривает: спецификацию требований, сценариев работы; разработку модульного каркаса, прототипа интерфейса с акцентом на отработку общего управления; – изучение прототипа, тестирование спецификаций. Это хорошо согласуется с перечисленными проблемами обучения.

Ядро средств прототипирования должно обеспечивать разработку и редактирование спецификаций модулей, схем иерархии модулей, сценариев, прототипирование интерфейсов, генерацию исполнимых шаблонов модулей, каркасов (консольных и оконных windows-приложений с упрощенным и с полноценным графическим интерфейсом), тестирование прототипов, хранение, документирование и визуализацию результатов проектирования [4, 5].

Соответственно целью работы является разработка средств построения систем прототипирования для создания прототипов-прообразов проектов приложений на модульном уровне в рамках процедурной парадигмы с ориентацией на предполагаемый тип каркаса реализации.

В работе использованы: методы прототипирования приложений объектно-оринтированных технологий, методы структурной разработки программ, модульного проектирования, нисходящей разработки (для выявления модулей, связей модулей, построения схемы иерархии модулей), методы пошаговой детализации и псевдокод (для описания тел заглушек и в качестве языка описания сценариев использования модулей). Принципы каркасного, шаблонного программирования (для автоматической верифицированной генерации прототипов приложений и обеспечения их исполнимости), сквозной структурный контроль, UML-диаграммы для описания проектных решений и моделирования алгоритмов.

Полученные результаты могут быть использованы для разработки программных средств, обеспечивающих пользователя (обучаемого, разработчика) поддержкой: проектирования модульной архитектуры ПО с использованием принципов структурной разра-

ботки; прототипирования отдельных модулей; прототипирования сценариев использования модулей и интерфейсов; тестирования отдельных действий разработчика по редактированию проектных решений и самих результатов проектирования; генерации прототипов и обеспечения их исполнимости; документирования результатов разработки, генерации отчетов и т.д.

Построена и приведена модель предметной области, спроектированная в виде иерархии классов (типа ПРОЕКТ, СЛОВАРЬ_ДАННЫХ, СТРУКТУРНЫЕ_ДАННЫЕ, МАССИВЫ, ИНТЕРФЕЙС, МОДУЛЬ, СЦЕНАРИЙ, СЦЕНАРИЙ_МОДУЛЯ, СХЕМА_ИЕРАРХИЙ и др.), обеспечивающих функциональность системы.

Предложены способы описания проектной информации, включая спецификацию задач, требований, сценариев, интерфейсов, данных, модулей, модульной архитектуры проекта-приложения, вариантов использования и т.д.

Определены виды и структура модулей-заглушек, способы описания тел модулей и их интерфейсов. Определены ситуации и способы сквозного структурного контроля принимаемых проектных решений, выбраны форматы протоколирования результатов тестирования прототипов, способы генерации консольных и оконных прототипов, определен состав отчетов, их форматы и способ генерации. Разработаны пошаговые ситуационные примеры проектирования, учитывающие варианты проектирования, перепроектирования приложений, составляющие базу тестовых примеров.

Список цитированных источников

1. Орлов, С.А. Технологии разработки программного обеспечения. – СПб.: Питер, 2004. – 527 с.

2. Касьянов, В.Н. Проблемы обучения информатике и программированию / В.Н. Касьянов // Информационно-коммуникационные технологии в образовании (IST/IMS-2001). [Электронный ресурс]. – 2001. Режим доступа: http://www.ict.edu.ru. – Дата доступа 1.02.2010.

3. Липаев, В.В. Программная инженерия. Методологические основы: учеб. / В.В. Липаев; гос. ун-т. – Высшая школа экономики. – М.: ТЕИС, 2006. – 608 с.

4. Муравьев, Г.Л. О построении систем обучения конструированию программ / Г.Л. Муравьев, В.И. Хвещук // Вестник БГТУ. – 2011. – № 5 (71). – С. 64-65.

5. Вышинская, Н.В. Прототипирование приложений на базе процедурной парадигмы // Новые математические и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях: материалы 15 РНК студентов и аспирантов. – Гомель, ГГУ им. Ф.Скорины, 2012. – Ч. 2. – С. 53.

УДК 519.713

Канашук А.А.

Научный руководитель: ст. преподаватель Тузик И.В.

ПРОГРАММА ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ЧАСТИЧНЫХ АВТОМАТОВ

В данной работе описаны возможности разработанной автором программы, главным назначением которой является минимизация частичных автоматов с конечным числом состояний. Программа написана на языке C++, в среде разработки C++ Builder 6 с использованием Стандартной Библиотеки Шаблонов.

На рисунке 1 представлено основное окно программы, в котором показана таблица исходного автомата, а также результат работы программы – найденные классы совместимых состояний и таблица покрывающего автомата, т.е. результат минимизации исходного автомата.

Автомат, покрывающий заданный частичный, функционирует так же, как исходный автомат, там, где функции переходов и выходов исходного автомата определены. При этом покрывающий автомат часто имеет меньшее число состояний, чем исходный авто-

мат. Уменьшение числа состояний становится возможным за счет того, что состояния исходного автомата объединяются в классы совместимости (возможно, пересекающиеся).

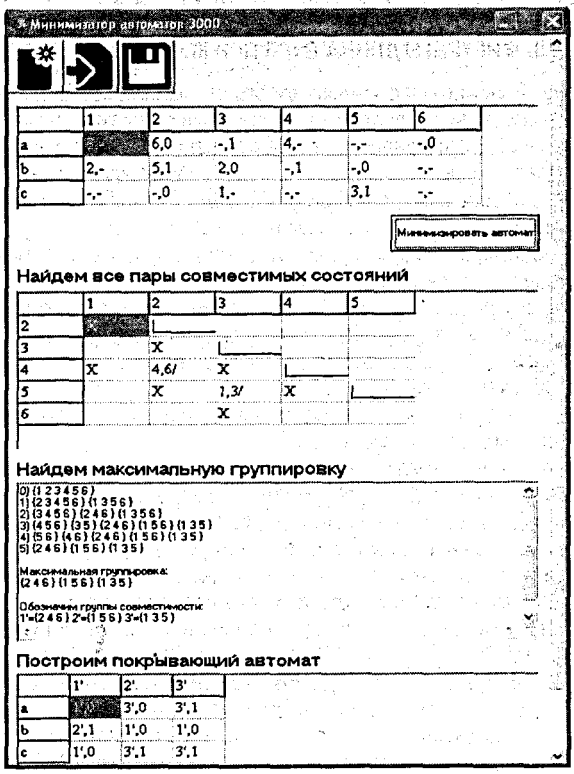


Рисунок 1

Предложенная программа находит те пары состояний, которые не могут быть совместимы. Далее попарно совместимые состояния объединяются в классы (группы) совместимости, которые получаются программным путем в результате построения максимальной группировки. На последнем этапе программа строит покрывающий автомат, в котором оставляет столько же состояний, сколько классов в максимальной группировке.

При задании частичного автомата можно указывать количество состояний и входных символов, что определяет размерность автоматной таблицы. При заполнении автоматной таблицы программа отслеживает корректность ввода исходных данных. Автоматная таблица может быть сохранена в файл и загружена из файла.

Полезной особенностью данной программы является то, что реализованный при ее создании подход позволяет проводить также минимизацию полных автоматов.

Кроме того, окно программы позволяет видеть информацию о каждом этапе минимизации частичного автомата, благодаря чему эту программу можно использовать в учебном процессе.

Список цитированных источников

1. Тишин, В.В. Дискретная математика в примерах и задачах. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 352 с.

УДК 517.3
Карпук И.А.
Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Лебедь С.Ф.

ПЛОЩАДЬ ФИГУРЫ И ДЛИНА ДУГИ ПРИ КОНФОРМНОМ ОТОБРАЖЕНИИ

Определение. Взаимно-однозначное отображение области D на область D* называется конформным, если в окрестности любой точки области D главная линейная часть этого отображения есть ортогональное преобразование, сохраняющее ориентацию.

Из этого определения вытекают два основных свойства конформных отображений:

1. Конформное отображение преобразует бесконечно малые окружности в окружности с точностью до малых высших порядков (круговое семейство).

2. Конформное отображение сохраняет углы между кривыми в точках их пересечения (свойство сохранения углов). Предполагается, что при конформном отображении направление отсчёта углов не изменяется, т.е. сохраняется взаимное расположение (ориентация) кривых. Иногда такое отображение называют конформным отображением первого рода, тогда как при сохранении углов, но изменении ориентации кривых, говорят о конформном отображении второго рода.

Утверждение. Отображение с помощью аналитической, однолистной в конечной области D функции является конформным в D.

Если функция $\omega = f(z)$, аналитическая в D, осуществляет взаимно однозначное отображение, то точки ω называются образами точек z, а точки z – прообразами. В силу свойств взаимно однозначного отображения образом области D как открытого множества, состоящего из внутренних точек, является область G, а образом кривой γ – границы области D ($\gamma = \delta D$) – является кривая Γ – граница области G ($\Gamma = \delta G$) .

В теории и практике конформных отображений ставятся и решаются две задачи.

Первая задача: нахождение образа данной линии или области при заданном отображении – прямая задача.

Вторая – нахождение функции, осуществляющей отображение данной линии или области на другую заданную линию или область – обратная задача.

На практике при нахождении образов с помощью отображений элементарных функций комплексного переменного используются свойства этих отображений, например круговое свойство дробно-линейного отображения или свойство функции $\omega = z^n$ увеличивать углы в n раз. При решении обратной задачи используют также некоторый набор известных отображений, так называемую «таблицу» отображений.

Получим формулы для вычисления площади образа области и длины образа кривой при заданном отображении.

Замечание. Отображение $\omega = f(z)$ комплексной плоскости эквивалентно отображению:

$$u = u(x, y)\ v = v(x, y),$$

где $\omega = u + iv$, а $f(z) = u(x, y) + iv(x, y)$. Якобиан этого отображения равен:

$$J(x,y) = \begin{vmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} & \frac{\partial u}{\partial y} \\ \frac{\partial v}{\partial x} & \frac{\partial v}{\partial y} \end{vmatrix} = \frac{\partial u}{\partial x}\frac{\partial v}{\partial y} - \frac{\partial u}{\partial y}\frac{\partial v}{\partial x}.$$

Используя условия Коши-Римана, получаем: $J(x,y) = \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)^2$. Так как $f'(z) = \frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x}$, то $J(x,y) = |f'(z)|^2$.

Вывод. Учитывая геометрический смысл якобиана, можем сказать, что величина: $|f'(z)|^2$ представляет собой коэффициент изменения площади при отображении $\omega = f(z)$. Эта величина зависит от значений двух переменных x и y, являющихся координатами точки $z \in \mathbb{C}$. При этом, если $f'(z_0) \neq 0$, то якобиан в точке z_0 также отличен от нуля.

Исходя из геометрического смысла величин $|f'(z)|^2$ и $|f'(z)|$, можно получить формулы вычисления площади образа области и длины образа кривой при отображении $\omega = f(z)$.

Пусть функция $\omega = f(z)$ конформно отображает область D на D^* (т.е. отображение $\omega = f(z)$ конформно в каждой точке области D). Известно, что площадь S^* области D^* выражается двойным интегралом $\iint\limits_{D^*} dudv$. Используя правило замены переменных в двойном интеграле, получаем:

$$S^* = \iint\limits_{D^*} dudv = \iint\limits_{D} |J(x,y)|\,dx\,dy = \iint\limits_{D} |f'(z)|^2\,dx\,dy \qquad (1)$$

Пусть теперь γ – кривая в области D, а γ^* – ее образ при отображении $\omega = f(z)$. Дифференциал dl длины дуги в плоскости (z) равен $dl = \sqrt{(dx)^2 + (dy)^2} = |dz|, dz = dx + idy$, а дифференциал dl^* длины дуги в плоскости (ω) равен:

$$dl^* = \sqrt{(du)^2 + (dv)^2} = |d\omega| = |f'(z)dz| = |f'(z)||dz|.$$

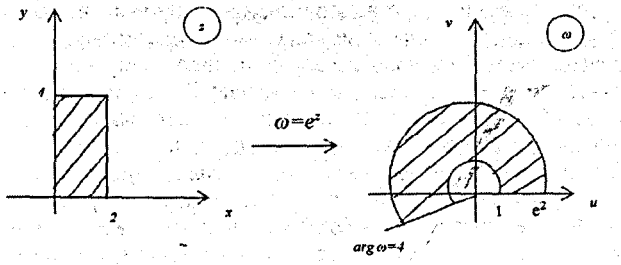
Учитывая представление длины кривой с помощью криволинейного интеграла и формулу замены переменных в таком интеграле, заключаем, что длину l^* образа γ^* кривой γ при отображении $\omega = f(z)$ можно вычислить по формуле:

$$l^* = \int\limits_{\gamma^*} |d\omega| = \int\limits_{\gamma} |f'(z)||dz| \qquad (2)$$

Рассмотрим применение полученных формул на практике.

Постановка задачи. Найти площадь области, являющейся образом прямоугольника $\{(x;y) \in \mathbb{R}^2 : 0 \le x \le 2, 0 \le y \le 4\}$ при отображении $\omega = e^z$.

Решение. Изобразим образ прямоугольника при заданном отображении:



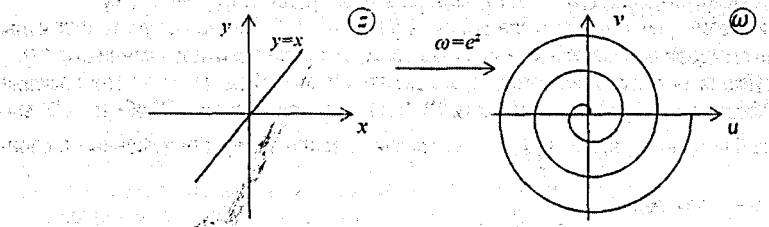
Используя формулу (1), имеем:

$$S = \iint\limits_{D^*} dudv = \iint\limits_{D} |f'(z)|^2\,dxdy = \left[\begin{array}{c} f'(z) = \dfrac{\partial u}{\partial x} + i\dfrac{\partial v}{\partial x},\ \dfrac{\partial u}{\partial x} = e^x \cos y,\ \dfrac{\partial v}{\partial x} = e^x \sin y \Rightarrow f'(z) = e^x \cos y + ie^x \sin y = e^z \\ f(z) = e^z = e^x \cos y + ie^x \sin y \Rightarrow u = e^x \cos y,\ v = e^x \sin y \\ \Rightarrow |f'(z)|^2 = e^{2x} \end{array} \right\} \Rightarrow \Bigg] =$$

$$= \iint\limits_{D} e^{2x}\,dxdy = \int\limits_0^2 e^{2x}dx \int\limits_0^4 dy = 2\left(e^4 - 1\right).$$

Постановка задачи. Найти длину участка спирали, являющейся образом отрезка $y = x, 0 \le x \le 2\pi$ при отображении $\omega = e^z$.

Решение. Изобразим образ прямой при заданном отображении:



Используя формулу (2), имеем:

$$l = \int_\gamma |f'(z)||dz| = \left[\begin{array}{l} |f'(z)| = e^x \\ dz = d(x+iy) = [y = x] = (1+i)dx, \\ |dz| = \sqrt{2}dx \end{array}\right] = \int_0^{2\pi} e^x \sqrt{2}dx = \sqrt{2}\left(e^{2\pi} - 1\right).$$

Список цитированных источников

1. Морозова, В.Д. Теория функций комплексного переменного: учеб. для вузов / Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 520 с.
2. Лаврентьев, М.А. Методы теории функций комплексного переменного / М.А. Лаврентьев, Б.В. Шабат. – М.: Наука, 1987. – 688 с.

УДК 681.3

Климович А.Н., Максимук С.В.

Научный руководитель: профессор Муравьев Г.Л.

ПОДХОДЫ, КЛАССЫ, АЛГОРИТМЫ ГЕНЕРАЦИИ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОИЗВОЛЬНЫХ СЕТЕЙ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

В работе рассматривается задача автоматизации получения имитационных моделей (кодов, описаний моделей на языках имитационного моделирования, поддерживаемых соответствующими системами моделирования) по некоторому исходному, формальному, математическому описанию системы, ее модели. При этом в качестве языка спецификации систем использован аппарат стохастических сетевых моделей (ССМ), относящихся к категории типовых математических q-моделей (схем) [1-3] с непрерывным временем и дискретными состояниями. Актуальность задачи обусловлена широким использованием сетей массового обслуживания для исследования объектов разной природы.

Возможные пути решения задачи – создание уникальной системы имитационного моделирования с оригинальным входным языком или специализация имеющихся средств моделирования с предоставлением пользователю интерфейса, позволяющего по формальному описанию системы получать ее модель. Здесь появляется возможность использовать имеющиеся универсальные системы моделирования, одновременно обеспечивая пользователю возможность работы в привычной предметной области, понятийном аппарате [4].

В работе указанная задача рассматривается применительно к автоматизации построения имитационных моделей для произвольных сетей массового обслуживания (ПСеМО) – расширения сетей массового обслуживания [5]. В частности, введены: одно-

и многоканальные узлы обслуживания с учетом относительных и абсолютных приоритетов заявок, с фиксированным и переменным быстродействием каналов узлов; локальные узловые накопители ограниченной емкости с потерями заявок при переполнении и без потерь заявок; сервисные узлы, позволяющие пользователю управлять сбором данных, обработкой результатов, обеспечивающие расчет характеристик сети в заданных пользователем временных интервалах, в указанных точках и фрагментах сети, с требуемой полнотой.

Для решения поставленных задач использовались: методы имитационного моделирования дискретных систем; аппарат теории массового обслуживания; объектно-ориентированный подход, методы каркасного программирования и автоматической генерации программ на базе принципов динамического полиморфизма и рекурсивного спуска.

В качестве языка имитационного моделирования и соответствующей системы специализации выбраны GPSS и GPSS World, что связано с удобством отображения указанных сетей в терминах блоков языка GPSS. Это потребовало разработки: форматов спецификации входных, промежуточных и выходных данных; правил отображения узлов ПСеМО средствами GPSS; правил именования объектов в сгенерированной модели для обеспечения ее структурированности и читаемости; объектной модели ПСеМО, ориентированной на автогенерацию GPSS-кодов; алгоритмы обработки объектной модели ПСеМО и т.д.

Для макетирования системы использовался язык C++ в объектно-ориентированных технологиях с применением стандартной библиотеки STL, а для реализации пользовательского интерфейса – кроссплатформенная библиотека Qt. Макет включает модуль поддержки взаимодействия с пользователем, модуль представления ПСеМО в виде объектной модели, генератор GPSS-модели.

Система испытывалась в ОС Windows 7, Ubuntu на наборе тестовых примеров, включающих разомкнутые, замкнутые и смешанные сети с различными вариантами наборов узлов. Результаты испытаний подтвердили корректность классов и алгоритмов.

Таким образом, в работе обоснован подход к автоматизации построения имитационных моделей на основе специализации стандартных инструментов моделирования системы GPSS World. Разработан и представлен формат внутреннего представления исходной спецификации системы объектной моделью и формат генерируемых моделей, обеспечивающие генерацию структурированных, читаемых и параметризуемых моделей. Описан алгоритм генерации GPSS-кодов на базе объектной модели. Спроектирован пользовательский интерфейс, согласованный с объектной моделью и система классов, обеспечивающих функциональность генератора моделей и пользовательского интерфейса.

Выполнено макетирование системы в двух вариантах: консольном для использования в системе генерации спецификаций сетевых моделей заданной сложности [6] и в оконном варианте для автономного применения при моделировании ПСеМО.

Полученные результаты составляют основу для создания полнофункциональных систем автогенерации результативных имитационных моделей по их сетевым спецификациям.

Список цитированных источников

1. Советов, Б.Я. Моделирование систем / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высш. шк., 2001. – 430 с.
2. Ивницкий, В.А. Теория сетей массового обслуживания / В.А. Ивницкий. – М.: Физико-математическая литература, 2004. – 772 с.
3. Рыжиков, Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии / Ю.И. Рыжиков. – СПб.: Корона, 2004. – 320 с.
4. Кудрявцев, Е.М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем: учебник для вузов. – Москва, 2004. – 320 с.

5. Климович, А.Н. Специализация стандартных средств имитационного моделирования // Новые математические и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях: материалы 15 РНК студентов и аспирантов, Гомель, ГГУ им. Ф.Скорины, 2012. – Ч. 1. – С. 76.

6. Климович, А.Н. Специфика использования стохастических сетей: сб. конкурсных науч. работ студентов и магистрантов. – Брест: БрГТУ, 2012. – Ч. 1. – С. 72-74.

7. Климович, А.Н. Структура и особенности функционирования средств генерации сетевых спецификаций: сб. конкурсных науч. работ студентов и магистрантов / А.Н. Климович, А.Н. Никонюк. – Брест: БрГТУ, 2012. – Ч. 1. – С. 88-90.

УДК 656.13.05

Кузнецов А.Б., Концевич В.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Шуть В.Н.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ДОРОЖНЫХ ЗАТОРОВ ПУТЁМ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО ПУТИ

Существующие системы, осуществляющие поиск оптимального пути с учётом дорожных заторов, показывают близкие по значению результаты, о чём свидетельствует проведённый эксперимент. Тестировались три системы: «Навител», «Яндекс Пробки», «СитиГИД»[1]. Каждая система тестировалась на четырёх различных маршрутах и трёх одинаковых транспортных средствах. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1*, мин			
	«Навител»	«Яндекс Пробки»	«СитиГИД»
Маршрут 1	23	23	22
Маршрут 2	23	24	25
Маршрут 3	79	77	73
Маршрут 4	46	45	47
Таблица 2**, км			
	«Навител»	«Яндекс Пробки»	«СитиГИД»
Маршрут 1	11,4	11,9	11,9
Маршрут 2	12,5	17,9	13,2
Маршрут 3	29,0	30,7	26,4
Маршрут 4	17,2	17,0	17,2

*Время в минутах, затраченное участниками на проезд до контрольной точки.
**Километраж, пройденный на каждом этапе. Три водителя ехали строго по подсказкам электроники.

Нетрудно заметить, что лучший средний результат по затраченному времени составляет 41,25 мин, а худший результат составляет 42,75 мин. Т.е. разница составляет всего 1,5 мин.

Такие системы также имеют некоторые общие недостатки:

- не предотвращает заторы, а только собирает информацию об уже существующих заторах;
- дорожный затор не обнаружен до тех пор, пока в нём не окажется достаточное количество транспортных средств пользователей данной системы;
- задача поиска кратчайшего пути не может быть эффективно решена, т.к. информация о местоположении транспортных средств, дорожных заторах и т.д. ограничена количеством пользователей.

В каждом транспортном средстве должно быть техническое устройство, включающее в себя: блок приёма и передачи информации, систему глобального позиционирования GPS.

Используемое в настоящее время программное обеспечение решает задачу поиска оптимального пути в основном на основе статичных данных, таких как длина пути. Ясно, что такой подход не даёт эффективного результата. Установка технических средств,

описанных выше, в каждое транспортное средство позволяет решать задачу поиска оптимального пути, основываясь на уже проложенных маршрутах для остальных транспортных средств, а следовательно, и их местоположении в конкретный момент времени.

Задача поиска оптимального пути решается на ориентированном графе, т.е. карта представлена в виде взвешенного, ориентированного графа, где каждая вершина – это перекрёсток, а ребро – участок дороги между двумя вершинами (перекрёстками). Вес ребра – это расстояние между двумя вершинами, которые это ребро связывают. Каждое ребро имеет своё пороговое значение *L*. Пороговое значение характеризует пропускную способность участка дороги. В нашем случае пороговое значение – это целое число, которое определяет, сколько транспортных средств может одновременно находиться на ребре, которому принадлежит данное пороговое значение. Превышение порогового значения *означает дорожный затор.*

Рассмотрим алгоритм поиска оптимального пути. Применяем алгоритм поиска кратчайшего пути в графе, который возвращает маршрут *M*:

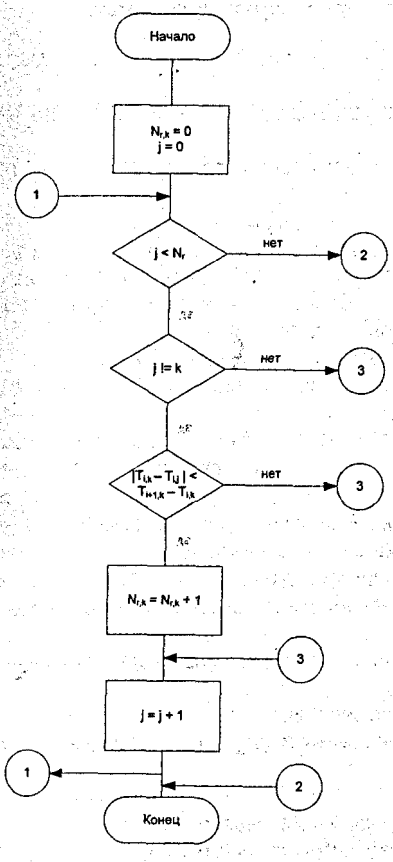


Рисунок 1

1. $M = (V_{i0}; V_{i1}), (V_{i1}; V_{i2}), \ldots, (V_{i\,n-1}; V_{i\,n})$, где i – номер вершины в графе.

2. Расчёт моментов времени, в которые транспортное средство пересекает вершины:

$$T_i = \frac{S}{v} + t,$$

где i – номер вершины; v – средняя скорость; S – путь от текущей позиции до i-й вершины; t – текущее время.

3. Вычисление количества транспортных средств в данный момент времени на каждом из рёбер, принадлежащих M;

Nr – количество транспортных, проходящих по ребру r;

Nr,k – количество транспортных, проходящих по ребру r, вместе с k-й машиной.

На рис. 1 изображена схема алгоритма по ГОСТ 19.701.

Вычисление количества транспортных средств $N_{r,k}$, которые будут находиться на ребре r во временном интервале $[T_{i,k}; T_{i+1,k}]$, где k порядковый номер машины, для которой ищется оптимальный маршрут, а связь вершин i и i+1 образует ребро r.

Если $N_{r,k} \le L$ и $i < n - 1$, **то** цикл повторяется для $i = i + 1$;

иначе если $N_{r,k} > L$, **то** цикл останавливается, ребро r «вычёркивается» из графа и осуществляется возврат к пункту 1;

иначе – остановка цикла.

Данный метод отличается жёсткой моделью управления транспортными потоками. Предполагается наличие в каждой машине устройств, описанных выше.

К преимуществам предложенного метода управления транспортными потоками можно отнести предотвращения образования некоторых дорожных заторов и, как следствие, поддержание баланса снижения пропускных способностей участков дорог.

Список цитированных источников
1. За рулем. – 2013. – № 2. – С. 96-99.

УДК 656.13.05
Курган А.М., Медведский К.И, Сагоян А.Л.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Шуть В.Н.

НАВИГАЦИОННО-ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА АВТОТРАНСПОРТА ЭКСТРЕННЫХ СЛУЖБ

На текущий момент просматривается несколько явных проблем в организации движения служебного автотранспорта:

- невозможность мониторинга служебного автотранспорта в режиме реального времени;
- неэффективное использование служебного автотранспорта (потери времени при реагировании на различные происшествия);
- невозможность организации свободного движения при экстренных вызовах.

Для решения этих проблем предлагается реализовать систему мониторинга и диспетчеризации для автомобилей органов правопорядка и автотранспорта МЧС, а на ее основе стратегический план «Перехват» для автотранспорта органов правопорядка и «впереди бегущую зеленую волну» для автотранспорта МЧС.

Система управления мобильными нарядами органов правопорядка имеет цели:

- автоматизация процессов планирования, функционирования, управления и взаимодействия сил и средств органов правопорядка;
- повышение эффективности деятельности по предупреждению и пресечению правонарушений и задержанию преступников, в том числе с целью сокращения времени реагирования;
- внедрение эффективной системы контроля несения службы и использования транспортных средств, в том числе выявления фактов необоснованного отклонения от маршрута патрулирования и использования транспортного средства не по назначению.

Навигационно-информационные системы [1-4] обладают следующей функциональностью:

- отображение на карте города расположения патрульного транспортного средства (ПТС), просмотр информации о ПТС;
- определение ближайшего ПТС к месту происшествия;
- выявление фактов необоснованного отклонения от маршрута патрулирования и использования транспортного средства не по назначению;
- мониторинг маршрутов;
- формирование отчетных документов за определенный период;
- контроль состояния ПТС (поломка, остановка, патрулирование и т.д.).

В рамках данной системы предлагается реализовать план «Перехват». Реализация данного плана заключается в следующем: при возникновении происшествия, диспетчер

отмечает это место на карте. Программа автоматически определяет ближайший к этому месту патрульный автомобиль. После этого на планшете данного патрульного автомобиля указывается красным цветом точка происшествия на карте. Это означает, что данному автомобилю необходимо следовать к этому месту. При этом, отсутствует голосовой обмен информацией между диспетчером и сотрудниками патруля. Таким образом, отсутствие голосового обмена между диспетчером и сотрудниками патруля, а также автоматизация процесса поиска ближайшего к месту происшествия автомобиля существенно ускоряет время реагирования.

При необходимости имеется возможность организации кольца окружения места происшествия. Программа автоматически определяет необходимые для этого автомобили и место, куда нужно двигаться каждому автомобилю для организации кольца окружения. Таким образом, каждому автомобилю, участвующему в окружении, на карте планшета указывается его позиция зеленым цветом. При необходимости можно сформировать второе кольцо окружения из автомобилей других служб. Диспетчер не может выполнить достаточно быстро эти действия, поэтому система дает значительную экономию времени.

При реализации данной системы должны решаться такие задачи, как эффективное реагирование, оптимальное распределение автомобилей, а также нагрузки между ними [5,6]. Для реализации этих задач предлагается рассматривать карту города в виде графа, в котором ребра представляют собой дороги, один тип вершин – их пересечение, другой тип вершин – патрульные автомобили, третий – места происшествия. Таким образом, в данной системе вопрос поиска ближайшего патрульного автомобиля решается с помощью известных алгоритмов поиска наикратчайшего пути в графе. Такой способ определения автомобиля, который необходимо направить к месту происшествия станет альтернативой существующей системы, при котором направляется автомобиль, закреплённый за данным квадратом. Следующий вопрос, который позволяет решать данная система – это вопрос оптимального распределения патрульных автомобилей и задач между ними. При реализации плана «Перехват» формируется кольцо окружения, поэтому возникает вопрос, как оптимально расположить автомобили, т.е. имеется некоторое количество точек на графе и некоторое число доступных автомобилей, и вопрос заключается в том, какие автомобили в какую точку необходимо направить. Для решения этого вопроса предлагается использовать «задачу о назначениях». Отдельно стоит рассмотреть случай, когда количество точек больше количества реально имеющихся автомобилей. В этом случае организуется поиск точек, которые стягиваются к одной точке. Выражаясь на языке графов, это означает, что ищутся вершины, которые являются смежными с несколькими вершинами, формирующими кольцо окружения. Этот процесс продолжается, пока количество точек больше количества автомобилей. Дальнейшие действия заключаются в решении задачи о назначениях.

Цели предлагаемой системы:

- создание целостной системы, координирование деятельности структурных подразделений МЧС;
- повышение эффективности взаимодействия всех функциональных и территориальных подразделений МЧС в принятии решений в режиме возникновения чрезвычайных ситуаций;
- сокращение времени реагирования на ЧС;
- повышение боеготовности сил и средств МЧС;
- повышение скорости экстренного прибытия по тревоге.

Для автотранспорта МЧС данная система будет обладать следующей функциональностью:

- централизованное управление транспортными средствами МЧС как в повседневной деятельности, так и в режиме возникновения чрезвычайных ЧС;
- автоматизированный контроль навигационных параметров транспортных средств: местонахождения, скорости, направления движения;
- координация деятельности структурных подразделений МЧС;
- обеспечение персонала диспетчерских центров информацией о местонахождении транспортных средств бригад МЧС для принятия управленческих решений при организации оперативного реагирования на ЧС в зоне ответственности;
- отображение в графической форме информации о позиционировании транспортных средств экипажей и иной служебной информацией на автоматизированные рабочие места (АРМ) диспетчеров;
- сбор и анализ информации о работе подразделений в случае ЧС, своевременное информирование государственных учреждений о количестве выездов на ЧС, о проведении аварийно-спасательных работ.

В рамках данной системы предлагается организовать «зеленую волну» для автомобилей МЧС, так как в настоящее время автомобилям, следующим на вызов, зачастую приходится пересекать перекрестки на красный сигнал светофора. Это ведет к серьёзным ДТП. Так, осенью 2012 г. в Минске за пару недель пятая часть всех реанимационных автомобилей попали в ДТП. Весьма серьёзное ДТП произошло в Минске 8 октября 2012 г. Авария случилась на перекрестке улицы Сурганова и проспекта Независимости. Автобус МАЗ, принадлежащий столичному хоккейному клубу «Юность», на полной скорости протаранил машину реанимации, которая пересекала проспект. Удар был такой силы, что скорая пролетела 100 метров и оказалась на тротуаре за остановкой общественного транспорта. Автобус вынесло на встречную полосу, развернуло на 180°С, после чего он буквально застрял в столбе. Вся проезжая часть оказалась усыпана осколками – их находили даже перед кинотеатром «Октябрь» – в 230 метрах от места столкновения! Чтобы не допустить подобных ДТП, предлагается реализовать впереди бегущую «зеленую волну» для автомобилей МЧС.

Принцип действия впереди бегущей «зеленой волны» заключается в том, что автомобиль посылает сигнал светофору. Радиоприемник, встроенный в светофор, воспринимает сигнал и переключает свет на зеленый и оставляет его включенным пока автомобиль не пересчет перекресток. Чтобы избежать возможных ДТП, светофоры на прилегающих дорогах автоматически переключаются на красный.

Преимущества:

- существенное сокращение времени прибытия транспорта органов МЧС на место происшествия;
- исключение возможности ДТП при пересечении транспортом органов МЧС перекрестка на красный свет.

Список цитированных источников

1. http://www.spacecorp.ru/press/publications/item2124.php
2. http://www.glonass-iv.ru/index.php/2010-08-06-06-33-02/74-its-glonass
3. http://iasa.org.ua/lections/iso/3/3.3.htm
4. http://www.kp.by/daily/25962.5/2901941/
5. Клинковштейн, Г.И. Организация дорожного движения: учебник для вузов / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. – 5-е изд., перераб. и доп. – М: Транспорт, 2001.
6. Кофман, А. Займемся исследованием операций / А. Кофман, Р. Фор; пер. с франц.; под ред. А.А. Корбута. – М.: Мир, 1966. – Т.1.

УДК 621.382.037.37/.049.77:538.953-405:53.07
Лапич С.В.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Дереченник С.С.

ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В КОНТАКТНОЙ СИСТЕМЕ «КРИСТАЛЛ-ВЫВОД» СИНТЕТИЧЕСКИХ АЛМАЗНЫХ ТЕРМОРЕЗИСТОРОВ

Современные тенденции к расширению областей применения приборов твердотельной электроники обусловливают необходимость их эксплуатации в более жестких условиях (повышенные рабочие температуры, химически агрессивные среды, радиация, постоянно возрастающие требования к надежности и стабильности приборов). Полупроводниковый алмаз, обладающий уникальным набором физических свойств (наибольшая величина сил химической связи, широкая запрещенная зона, рекордные значения механических и оптических свойств, теплопроводности), является исключительно ценным материалом для создания элементной базы нового поколения, в том числе полупроводниковых терморезисторов с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления [1].

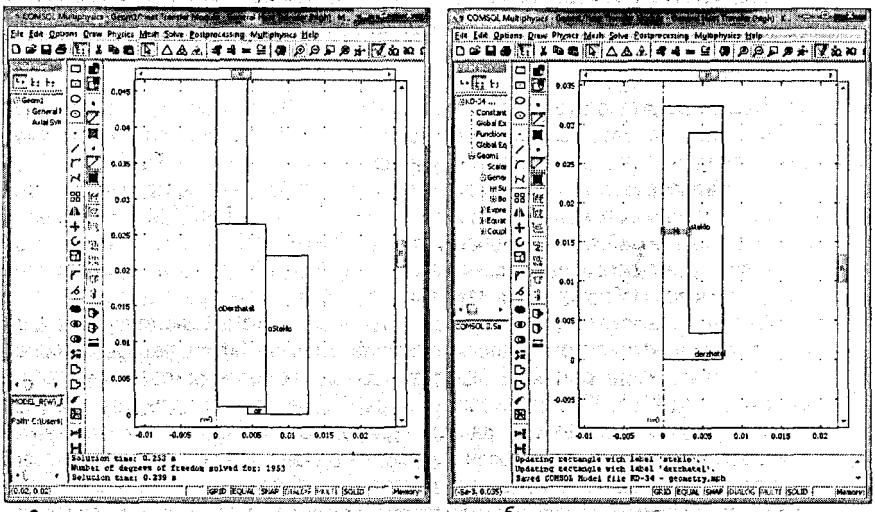
В Республике Беларусь разработкой и освоением серийного производства терморезисторов на основе монокристаллов синтетического полупроводникового алмаза занимается Частное научно-исследовательское унитарное предприятие «СКБ Запад». Конструкция разрабатываемых данным предприятием приборов предусматривает использование металлостеклянных корпусов типа КД-3 и КД-34 по ГОСТ 18742-88. Исходными данными для исследований явились: конструкторская документация на терморезисторы; технические спецификации на материалы деталей корпуса, общие характеристики технологического процесса, оборудования и оснастки для сборки приборов.

Цели работы – исследовать механические эффекты в контактной системе «кристалл-вывод» в условиях динамического теплового нагружения, разработать рекомендации по обеспечению стабильности контактов «кристалл-вывод» терморезисторов в металлостеклянных корпусах КД-3, КД-34. Основные задачи исследования были обусловлены рядом принципиальных особенностей данных терморезисторов. Во-первых, электрическое соединение чувствительного элемента (кристалла синтетического алмаза) с выводами терморезистора осуществляется, как правило, методом сварки, т.к. непосредственная пайка металлических выводов к поверхности алмаза затруднена. Сварное соединение, по сравнению с паяным, обладает большей механической жесткостью, поэтому при эксплуатации прибора в широком диапазоне температур механические деформации конструкции могут нарушить целостность электрического контакта «кристалл-вывод». Поэтому помимо задачи теплопроводности, необходимо решить задачу термоупругости, с тем, чтобы определить механические напряжения и деформации в деталях конструкции терморезистора. Во-вторых, применение терморезисторов в качестве датчиков температуры, например в термоанемометрах, тесно связано с требованиями по быстродействию, т.е. снижению тепловой инерционности корпуса приборов. Следовательно, требовалось определить параметр тепловой постоянной в цепи корпус-кристалл, что достигается решением нестационарной задачи теплопроводности. Отраслевой стандарт определяет тепловую постоянную кристалл-корпус как время, в течение которого температура кристалла достигает 63.2% от установившегося значения при разогреве мощностью рассеяния с постоянной температурой корпуса [2].

В результате анализа конструкции приборов была в аналитическом виде разработана нестационарная тепловая модель терморезисторов в осесимметричных (цилиндрических) корпусах обоих типов. Модель выражена в виде дифференциального уравнения

теплопроводности в полярных координатах, а для анализа температурных деформаций конструкции – в виде связанного дифференциального уравнения теплопроводности в векторной форме [3, 4].

Решение нестационарной тепловой задачи (определение тепловой постоянной) и связанной квазистатической задачи термоупругости (определение механических деформаций и напряжений) эффективно выполнено численными методами с использованием компьютерного моделирования. Это позволило добиться высокой точности решения, а также наглядно визуализировать результаты. Для исследования использован специализированный пакет компьютерного моделирования FEMLAB версии 3.5a, в котором созданы геометрические модели конструкций прибора, изображенные на рисунке 1, заданы граничные и краевые условия, определены теплофизические параметры материалов деталей корпуса [5].



а б

Рисунок 1 – Геометрические модели конструкции терморезистора в корпусе типа КД-3 (а) и КД-34 (б)

В результате анализа динамики нагрева (охлаждения) терморезистора найден параметр «тепловая постоянная корпус-кристалл», величина которого, при изменении температурного перепада в диапазоне от 10 °С до 150 °С, находится, соответственно, в пределах 16,7...18,7 с (корпус КД-3) и 9,5...9,7 с (КД-34).

Для анализа деформационных характеристик конструкции расчетная модель была модифицирована за счет исключения из рассмотрения несущественных элементов (внешних проволочных выводов, воздушного промежутка внутри корпуса), а также рассмотрения лишь аксиальных деформаций (смещений), наиболее существенных с точки зрения обеспечения контакта держателей с термочувствительным кристаллом. В результате численного моделирования определено, что при крайних температурах 300°С и минус 200°С величина промежутка между выводами-держателями корпуса КД-3 может увеличиваться на 0,012...0,014 мм (при нагреве корпуса) или уменьшаться примерно на 0,01 мм (при охлаждении корпуса). Для корпуса КД-34 аналогичные показатели составляют, соответственно 0,0055 и минус 0,0045 мм. Показано, что быстрый (со скоростью

15 и более градусов в секунду) нагрев / охлаждение до крайних температур сопровождается возникновением в элементах корпуса недопустимо больших механических напряжений, которые с высокой вероятностью приведут к разрушению конструкции. На основе полученных результатов были сформулированы конструкторско-технологические рекомендации по обеспечению стабильных термомеханических контактов «кристалл-вывод».

Список цитированных источников

1. Быстродействующие терморезисторы из синтетических монокристаллов алмазов / В.С. Бормашов [и др.] // Приборы и техника эксперимента. – 2009. – № 5. – С. 134–139.
2. Микросхемы интегральные и приборы полупроводниковые. Методы расчета, измерения и контроля теплового сопротивления / Отраслевой стандарт: ОСТ 11 0944-96 / Государственное научно-производственное предприятие «Пульсар». – Введ. 01.01.1997. – Москва, 1997. – 110 с.
3. Исаченко, В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.
4. Карташов, Э.М. Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел / Э.М. Карташов. – М.: Высшая школа, 1985. – 480 с.
5. Support Knowlede Base [Electronic resource] / COMSOL, Inc. – 2007. – Mode of access: http://www.comsol.com/support/

УДК 004.94

Латий О.О.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Хведчук В.И.

ЭЛЕМЕНТЫ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ ТОКА КРОВИ

Введение. При моделировании жидкости с помощью метода конечных элементов особое внимание уделяется трехмерным задачам, в том числе и с подвижными границами. Рассматриваются методы перестроения разбиения области для учета изменения области, занятой жидкостью. Среда описывается с помощью разбиения расчетной области на конечные элементы – носители базисных функций. Идея метода заключается в минимизации функционала вариационной задачи на совокупности аппроксимирующих функций, каждая из которых определена на своем носителе.

Обзор задачи. Одной из важных проблем современной медицины является лечение расстройств мозгового кровообращения. Данная патология является одной из основных причин смертности населения развитых стран. Смертность от инсульта составляет до 20% от общей летальности, уступая лишь смертности от заболеваний сердца и опухолей всех локализаций.

Исходя из вышеизложенного, представляется чрезвычайно актуальным создание компьютерной модели кровотока в русле артерии с последующим прогнозированием его изменений в естественном состоянии и в ходе возможного лечения.

Таким образом, целью данной работы является исследование тока крови в области разделения сонной артерии человека на две ветви одинакового калибра, отходящие в стороны под одинаковыми углами в предположении, что стенки артерии являются идеально жесткими. Место деления артерии является наиболее уязвимым местом для поражения. Строение сосуда представлено на рис. 1.

Модель. Для описания движения жидкости решаются уравнения Навье-Стокса для несжимаемой жидкости, они решаются совместно с линейно-упругой моделью стенок сосудов. Сложная форма расчетной области задается с помощью неструктурированной динамической сетки, подвижное окно с частично разнесенной подвижной сеткой позво-

ляет учитывать сильные деформации. Для жидкости в подвижной системе координат записываются уравнения Навье–Стокса:

$$\left.\frac{du_f}{dt}\right|_Y + \left[\left(u_f - \omega_g\right)\cdot\nabla\right]u_f + \frac{1}{\rho_f}\nabla\rho_f = \nu\Delta u_f + f_f,$$

$$\nabla\cdot u_f = 0,$$

где ρ_f – плотность жидкости, ν_f – кинематическая вязкость, $\omega_g = dx_g/dt$ – скорость движения сетки, Y указывает, что производная берется в подвижной системе координат.

Для исследования интересен участок сонной артерии человека в области её разделения. Ввиду сложности геометрии и невозможности её аналитического задания требуется численно описать гемодинамические процессы, происходящие с током крови в указанной области. В качестве граничных условий на входе общей и выходах внутренней и наружной сонных артерий берутся объемный расход крови через соответствующее сечение в единицу времени из [1] (см. рис. 2).

При этом считается заданным поле скоростей тока крови. Профиль скоростей параболический. Такой профиль скоростей также является допущением. Экспериментальные данные о распределении скоростей тока крови по сечению артерии позволят более точно решить задачу с сохранением описываемого метода.

План реализации модели. При реализации модели может быть использован двумерный жидкостно – тепловой элемент FLUID142 из системы ANSYS [2,3]. На рис. 3 показана геометрия, расположение узлов и система координат элемента FLUID142. Элемент задается 8 узлами и свойствами материала.

Задаются анализ взаимодействия жидкость – твердое тело и поверхностное граничное условие. Следует задать один и тот же номер границы раздела жидкости и твердого тела (контактирующих друг с другом), где имеет место передача тепла.

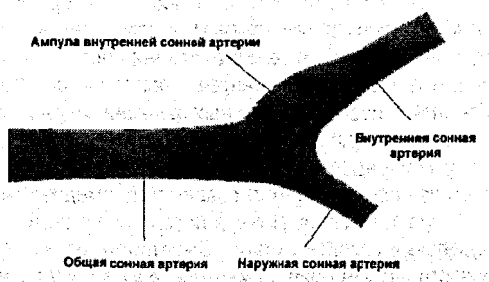


Рисунок 1 – Строение сосуда

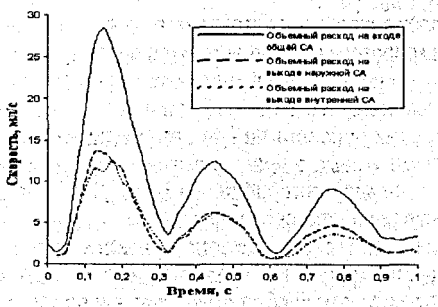


Рисунок 2 – Объемный расход крови

Свойства FLUID142 – плотность, вязкость, теплопроводность и теплоемкость. Теплопроводность и теплоемкость необходимы только в том случае, если решаемая задача является по своей природе тепловой. Свойства могут быть функцией температуры.

Возможен учет модели многокомпонентной среды. Эта опция позволяет отслеживать поведение до шести разных жидкостей в основной жидкости.

Интерес представляет получить векторное поле скоростей в заданной части бифуркации сонной артерии. Полученная в результате расчета линия тока позволит наглядно судить о наличии областей завихрения тока в ампуле, а также делать более наглядный анализ в остальных областях тока.

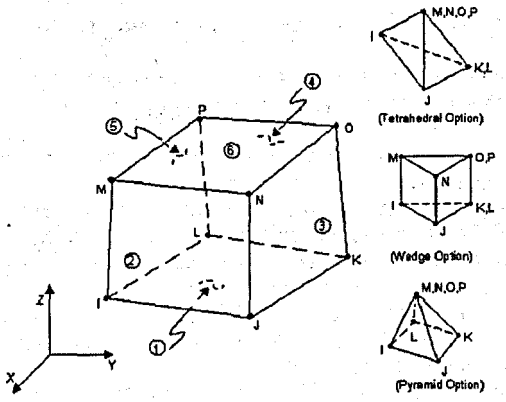


Рисунок 3 – Характеристики элемента FLUID141

Заключение. Результаты работы могут быть использованы в учебных целях, а также требуют проверки еще в одной конечно-элементной системе, позволяющей расчет процессов в жидкостях, например COSMOS. Важным является и развитие аналитической модели на базе математических систем.

Список цитированных источников

1. Botnar, R. Hemodynamics in the carotid artery bifurcation: a comparison between numerical simulations and in vitro MRI measurements / R. Botnar, G. Rappitsch, M.B. Scheidegger [et. al.] // Journal of Biomechanics. – 2000. – № 33. – P.137-144.

2. Руководство по основным методам проведения анализа в программе ANSYS. С. 399. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.learn-construction.kh.ua. 06.12.2012.

3. Каменский, А. Практическое применение конечно-элементного пакета ANSYS к задачам биомеханики кровеносных сосудов: учебно-методическое пособие для студентов естественных дисциплин / Каменский А., Сальковский Ю. – 2005. – С. 77–90.

УДК 551.510.7;645.625.162.4

Липовцев А. П.

Научные руководители: доцент Янусик И.С., учитель физики Липовцева Н. Ф.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЯЧИХ ВОЛН

Особого рода интерференционная картина называется стоячей волной. Она получается в том случае, если две когерентные волны, одинаковые по интенсивности, распространяются навстречу друг другу. Каждая из бегущих волн переносит энергию в направлении своего распространения, так как эти направления противоположны, то в результате переноса энергии в стоячей волне нет. В отличие от бегущей волны, в стоячей волне

не происходит переноса энергии, а осуществляется лишь пространственная перекачка энергии одного вида в энергию другого вида с удвоенной частотой.

$X = 2 \cdot A \cdot \cos(2\pi r/\lambda) \sin(\omega t)$ – уравнение стоячей волны. Амплитуда колебаний частиц в стоячей волне зависит от их координат, но не зависит от времени. $A_0 = 2 \cdot A \cdot |\cos 2\pi r/\lambda|$ – амплитуда стоячей волны.

В стоячей волне имеются такие точки, которые остаются всё время неподвижными – это *узлы*. Их положения: $r = \pm\lambda/4\,(2n+1)$ или $r = \pm\lambda/4$; $r = \pm 3\lambda/4$; где $n = 0, 1, \ldots$

Точки волны, колеблющиеся с наибольшими амплитудами, называются *пучностями*. Их положения: $r - 0; \pm\lambda/2; \pm 2\lambda/2; \pm 3\lambda/2$.

Стержень, струна, столб воздуха в трубе – это примеры одномерных колебательных систем.

Собственные колебания пластин связаны с образованием двумерных стоячих волн, представляющих собой суперпозицию стоячих волн, устанавливающихся в направлении осей *X* и *У*.

Вид фигур зависит от формы пластинки и положения закреплённой точки, а также от места возбуждения колебаний.

Если собственные частоты одномерных колебательных систем определяются рядом натуральных чисел *k*, то для пластин собственные частоты определяются возможными сочетаниями двух таких рядов целых чисел *m, n*, где $m = 0, 1, 2\ldots$, $n = 0, 1, 2\ldots$ ($m = n = 0$ исключено, т.к. это соответствует отсутствию стоячих волн).

Всякое упругое тело произвольной формы представляет собой трехмерную колебательную систему, имеющую кроме основной, бесконечное число гармоник, частота которых определяется набором трёх чисел *m, n, l*.

$m = 0, 1, 2\ldots$; $n = 0, 1, 2\ldots$; $l = 0, 1, 2\ldots$; ($m = n = l$ исключено, т.к. это соответствует отсутствию стоячих волн).

Любое тело, материал которого обладает упругими свойствами (практически все тела), представляет собой колебательную систему, имеющую бесконечный набор собственных частот. Такие тела способны резонировать на частоты, совпадающие с основной частотой или частотой какой-либо гармоники.

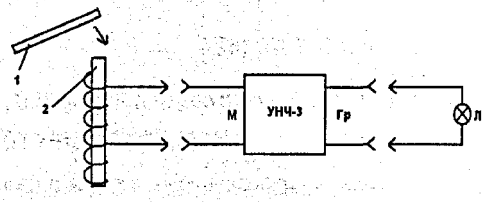
Магнитострикция и её использование для получения ультразвука

Магнитострикция – явление, заключающееся в том, что при изменении состояния намагниченности тела его объём и линейные размеры изменяются. Эффект открыт Джоулем в 1842 году и вызван изменением взаимосвязей между атомами в кристаллической решётке, и поэтому свойствен всем. В технике магнитострикция используется для генерации ультразвука.

Феррамагнитные стержни изменяют свои линейные размеры под действием магнитного поля, направленного вдоль оси стержня. Поместив такой стержень в переменное магнитное поле, мы вызовем в стержне вынужденные колебания, амплитуда которых особенно велика при резонансе. Колеблющийся конец стержня создает в окружающей среде ультразвуковые волны.

Опыт: *Наблюдение явления магнитострикции.*

Оборудование: ферритовый стержень *l* = 14 см, *d* = 8 мм, провод ПЭЛ 0.2, УНЧ -3 (усилитель низкой частоты), лампочка 2.5 В, провода, деревянная палочка.



1 – деревянная палочка, 2 – ферритовый стержень с обмоткой (300 витков)
Рисунок 1 – Схема установки

Феррит обладает значительной магнитострикцией и вместе с тем высоким удельным сопротивлением. Основным его недостатком является малая механическая прочность. (*I = 2 – 4 Вт/см²*, как правило, происходит излом).

Конструкция излучателя:

Вибратором является круглый ферритовый стержень *d = 8 мм, l = 14 см*, обмотка возбуждения состоит из двух слоёв провода *ПЭЛ 1.0*, намотанных на половину стержня. Выводы обмотки возбуждения выполнены из многожильных проводников в полихлорвиниловой изоляции, снабжённых наконечниками для зажима под клеммы для включения в гнёзда. Обмотка возбуждения покрыта слоем изоленты.

Резонансное возбуждение колебаний излучателя.

Подключим излучатель к генератору. Положим лезвие безопасной бритвы на верхний торец вибратора. Включив генератор и дав ему прогреться, будем постепенно увеличивать частоту переменного тока, проходящего по обмотке возбуждения. Найдём частоту, на которой дребезжание лезвия самое интенсивное – это и есть основная частота ($\nu_0 = 19 \cdot 10^3$ *Гц*) нашего излучателя.

Теория доказывает, что амплитуда колебаний вибратора, возбуждённого на основной частоте, *больше амплитуды колебаний на любой гармонике. Поэтому для дальнейших* опытов будем использовать эту частоту $\nu_0 = 19 \cdot 10^3$ *Гц.*

Обнаружение колебаний излучателя.

1. Пальцами возьмёмся за конец вибратора, возбуждённого на основной частоте. Вибратор стал «скользким». Если прижать палец к торцу вибратора, возникает ощущение лёгкого ожога. Если выключить вибратор – ощущения исчезают. Это объясняется тем, что конец вибратора совершает колебания с большой частотой и заметной амплитудой.

2. Если перемещать пальцы к середине вибратора, ощущение «скользкости» уменьшается, а дойдя до середины оно вообще пропадает.

Вывод: В середине вибратора действительно находится узел, а по краям – пучности смещений, т.е. в вибраторе устанавливается стоячая волна.

Скорость ультразвука в излучателе.

В реальной среде скорость зависит от типа волны. В продольной волне, распространяющейся, например, в тонком упругом стержне, смещение частиц среды приводит к деформации. Поэтому скорость распространения продольных волн будет определяться упругостью среды (модуль Юнга). А в сплошной среде она зависит ещё от плотности.

$$\upsilon_{\text{прод.}} = \sqrt{\frac{E}{\rho}};\ E = \rho \cdot \upsilon^2$$

Таблица 1 – Определение модуля упругости феррита

Длинам (*l*)	Масса кг (m)	Диаметр, м (d)	Площадь поперечного сечения, м² (S)	Объём, м³ (V)	Плотность, кг/м³ (ρ)	Скорость, м/сек $\upsilon_\Phi = 2l\nu_0$	Модуль упругости, Па $E = \rho \cdot \upsilon_\Phi^2$	Модуль упругости, Па (табл.)	Относит-погр. % $\varepsilon = \lvert\Delta E\rvert/E_{\text{таб.}}$
0,1	0,024	$8 \cdot 10^{-3}$	$50{,}24 \cdot 10^{-6}$	$5{,}024 \cdot 10^{-7}$	4777	$5{,}32 \cdot 10^3$	$13{,}5 \cdot 10^{10}$	$13{,}3 \cdot 10^{10}$	3,78

Исследование изгибных волн в пластинках

В XVIII веке немецкий физик Эрнст Хладни обнаружил, что под воздействием звука песок, лежащий на поверхности упругой колеблющейся пластинки, начинает выстраиваться в точные геометрические узоры. Причём форма рисунка напрямую зависит от частоты звука. Фигуры, образуемые скоплением мелких частиц сухого песка вблизи узловых линий на поверхности упругой колеблющейся пластинки, называются *фигуры Хладни.*

В результате колебаний на пластинке возникают так называемые стоячие волны. У стоячих волн есть узлы стоячей волны (точки не колеблются) и пучности стоячей волны (точки, в которых колебания максимальны по амплитуде). Песок будет перемещаться из пучностей в узлы и в результате весь песок соберётся в узлах, а в пучностях его не останется. Общий рисунок зависит от формы пластинки, положения опор и частоты вибрации.

В звуковом диапазоне. От конца трубки по диску распространяется круговая волна. Дойдя до края диска, она отражается. В результате интерференции падающей и отражённых волн в диске устанавливается стоячая волна, и порошок собирается в её узлах. Расстояние между двумя соседними узлами равно половине длины волны $\Delta r = \lambda/2$. Исследования показали, что волна в диске и продольная, и поперечная. Изгибная волна отличается от обычной. Например, скорость изгибной волны $V_и$ не остаётся постоянной при изменении частоты. Это явление называется дисперсией. $V_u \sim \sqrt{\nu}$. Так как $V_u = \lambda_u \cdot \nu$ (общая формула для волн любой природы). $\lambda_u = V_u/\nu \sim 1/\sqrt{\nu}$. так как $\nu = V/2l$ (для трубки).

$\lambda_u \sim 1/\sqrt{\nu}$. $= \sqrt{(2l/V)}$; $\lambda_u = \alpha\sqrt{l}$; α – постоянный коэффициент пропорциональности.

Таблица 2 – Результаты опытов в звуковом диапазоне

	1 опыт	2 опыт
Длина трубки (l)	50 см	40 см
Внутренний диаметр	4,5 мм	4,5 мм
Внешний диаметр	5 мм	5 мм
Расстояние между узлами (Δr)	2 см	1,6 см
Длина изгибной волны ($\lambda_и = 2 \cdot \Delta r$)	40 мм	32 мм
Расстояние от края диска	0,9 – 1 см	0,8 см

$\lambda_{u1} = \alpha \cdot \sqrt{l_1}$; $\lambda_{u2} = \alpha \cdot \sqrt{l_2}$; $\lambda_{u1}/\lambda_u 2 = \sqrt{l_1}/\sqrt{l_2} = \sqrt{50}/\sqrt{40} = 7{,}07/6{,}32 = 1{,}12$; с другой стороны, $\lambda_{u1}/\lambda_{u2} = 40$ мм$/32$ мм $= 1{,}25$; так как $1{,}12 \approx 1{,}25$ опыт с некоторой точностью подтверждает факт существования изгибных волн, так и справедливость соотношения $\lambda_u = \alpha \cdot \sqrt{l}$.

Таблица 3 – Результаты опытов в ультразвуковом диапазоне

	Алюминиевый диск	Диск из оргстекла
Диаметр, d	15 см	15 см
Расстояние между узлами, Δr	1 см	0,9 см
Расстояние от края диска, $\Delta r/2$	0,5 см	0.44 см
Длина изгибной волны, $\lambda_и$	2 см	1,8 см

Вывод: изгибные волны в звуковом и в ультразвуковом диапазонах похожи. Всё происходит в соответствии с теорией: первый узел образуется на расстоянии $\lambda_u/4$ от края диска.

Волны на бумаге. На толстый кусок поролона толщиной *3 см* помещаем белый плотный лист бумаги. На лист через сито тонким слоем насыпаем марганцевокислый калий, настраиваем вибратор в резонанс с генератором. Расположив излучатель под углом 45^o к горизонту, получаем круговые волны с центром в точке соприкосновения вибратора с бумагой.

Передвигая излучатель, не отрывая торца от бумажного листа, замечаем, как вместе с излучателем по бумаге перемещается система круговых волн.

Прорежем в листе бумаги небольшое отверстие и расположим вблизи него излучатель. Ультразвуковая волна огибает отверстие. Отсюда следует существование дифракции ультразвука.

Коснёмся вибратором листа вблизи его незакреплённого края. По виду линии, где собираются кристаллики марганцевокислого калия, представляют собой семейство гипер-

бол. Гипербола по определению – это геометрическое место точек, разность расстояний которых до двух данных точек, называемых фокусами гиперболы, есть величина постоянная. Согласно теории интерференции, минимум интенсивности соответствует точкам, в которые волны приходят с разностью хода $\Delta d = (2k + 1)\cdot\lambda/2$; $k = 0,1,2,3\ldots$ Геометрические места таких точек на плоскости представляют собой семейство гипербол, в фокусах которых расположены излучатели.

Таблица 4 – Расстояние между ветвями гиперболы

k	Средняя разность расстояний, (Δr), см		
0	9 - 7,2 = 1,8;	11 - 9 = 2;	16 - 14 = 2
1	12 - 6 = 6;	15 - 9 = 6;	20 - 14 = 6
2	24 - 14 = 10;	19 - 9 = 10;	14 - 4 = 10
3	23 - 9 = 14;	19 - 5 = 14;	17 - 3 = 14

Вывод: при переходе от одной линии ко второй и т. д. разность расстояний увеличивается 2:6:10:14... т.е. 1:3:5:7... Экспериментальные данные совпадают с теоретическими, если положить $\Delta r = \lambda/2$. (см. таблицу 3)

Список цитированных источников

1. Александров, Н.В. Курс общей физики. Механика / Н.В. Александров, А.Я. Яшкин. – Москва: Просвещение, 1978.
2. Бутиков, Е.И. Физика для углубленного изучения / Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев. – Москва-Санкт-Петербург: ФИЗМАТЛИТ, 2000.
3. Уоккер, Дж. Физический фейерверк. – М.: Мир, 1979.
4. Квант: журнал. – 1978. – № 8.
5. Квант: журнал. – 1976. – № 5.
6. Брэгг, Уильям. Мир света. Мир звука. – М.: Наука, 1967.
7. Шахмаев, Н.М. Физика: ч. II. – М.: Высшая школа, 1977. – Ч. 2.

УДК 517.8

Липовцев А.П.

Научные руководители: к.т.н., доцент Махнист Л.П., к.ф.-м.н., доцент Каримова Т.И.

О МОМЕНТАХ БИНОМИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Биномиальное распределение (распределение Бернулли) – распределение вероятностей случайной величины X, принимающей целочисленные значения $k = 0,1,2,\ldots,n$ с вероятностями соответственно

$$P(X = k) = p_k(n,p) = C_n^k p^k (1-p)^{n-k} = C_n^k p^k q^{n-k},$$

где $C_n^k = \dfrac{n!}{k!(n-k)!}$ – биномиальный коэффициент, $0 \le p \le 1$ – параметр биномиального распределения ($q = 1 - p$), называемый вероятностью положительного исхода.

Ряд распределения:

X	0	1	2	...	k	...	$n-2$	$n-1$	n
p_k	q^n	npq^{n-1}	$C_n^2 p^2 q^{n-2}$	...	$C_n^k p^k q^{n-k}$	...	$C_n^{n-2} p^{n-2} q^2$	$np^{n-1}q$	p^n

Начальным моментом n-го порядка ($n = 0,1,2,\ldots$) случайной величины называется $\alpha_n = M\left(X^n\right)$.

Заметим, что $\alpha_0 = \sum_{k=0}^{n} p_k = \sum_{k=0}^{n} C_n^k p^k q^{n-k} = (p+q)^n = 1$,

$$\alpha_1 = \sum_{k=0}^{n} k p_k = \sum_{k=0}^{n} k C_n^k p^k q^{n-k} = \sum_{k=0}^{n} k \frac{n!}{k!(n-k)!} p^k q^{n-k} = np \sum_{k=1}^{n} \frac{(n-1)!}{(k-1)!(n-k)!} p^{k-1} q^{n-k} =$$

$$= np \sum_{k=1}^{n} C_{n-1}^{k-1} p^{k-1} q^{n-k} = np \sum_{k=0}^{n-1} C_{n-1}^{k} p^k q^{n-1-k} = np(p+q)^{n-1} = np$$ – **математическое ожидание.**

Начальным факториальным моментом n-го порядка ($n = 0,1,2,\ldots$) случайной величины X называется $\alpha_{[n]} = M\left(X^{[n]}\right) = M\left(X(X-1)\ldots(X-n+1)\right)$. Заметим, что $\alpha_{[0]} = 1$, $\alpha_{[1]} = M(X)$.

Найдем начальный факториальный момент 2-го порядка биномиального распределения:

$$\alpha_{[2]} = M\left(X^{[2]}\right) = M\left(X(X-1)\right) = \sum_{k=0}^{n} k(k-1) C_n^k p^k q^{n-k} = \sum_{k=2}^{n} \frac{k(k-1)n!}{k!(n-k)!} p^k q^{n-k} =$$

$$= n(n-1) \sum_{k=2}^{n} C_{n-2}^{k-2} p^k q^{n-k} = n(n-1) p^2 \sum_{k=0}^{n-2} C_{n-2}^{k} p^k q^{n-2-k} = n(n-1) p^2.$$

Найдем начальные факториальные моменты *m*-го порядка биномиального распределения:

$$\alpha_{[m]} = M\left(X^{[m]}\right) = M\left(X(X-1)\ldots(X-m+1)\right) = \sum_{k=0}^{n} k(k-1)\ldots(k-m+1) C_n^k p^k q^{n-k} =$$

$$= \sum_{k=m}^{n} k(k-1)\ldots(k-m+1) \frac{n!}{k!(n-k)!} p^k q^{n-k} = \sum_{k=m}^{n} n(n-1)\ldots(n-m+1) \frac{(n-m)!}{(k-m)!(n-k)!} p^k q^{n-k} =$$

$$= n^{[m]} \sum_{k=m}^{n} C_{n-m}^{k-m} p^k q^{n-k} = n^{[m]} p^m \sum_{k=m}^{n} C_{n-m}^{k-m} p^{k-m} q^{n-k} = n^{[m]} p^m (p+q)^{n-m} = n^{[m]} p^m.$$

Тогда для *начальных факториальных моментов* *m*-го порядка биномиального распределения выполняется $\alpha_{[m]} = n^{[m]} p^m$. Следовательно:

$$\alpha_{[1]} = n^{[1]} p = np, \quad \alpha_{[2]} = n^{[2]} p^2 = n(n-1) p^2, \quad \alpha_{[3]} = n^{[3]} p^3 = n(n-1)(n-2) p^3,$$

$$\alpha_{[4]} = n^{[4]} p^4 = n(n-1)(n-2)(n-3) p^4, \; \alpha_{[5]} = n^{[5]} p^5 = n(n-1)(n-2)(n-3)(n-4) p^5, \ldots$$

Учитывая, что начальные моменты *n*-го порядка случайной величины X связаны с ее начальными факториальными моментами соотношением

$$\alpha_n = \sum_{m=1}^{n} S_m^{(n)} \alpha_{[m]},$$

где коэффициенты $S_m^{(n)}$ – числа Стирлинга второго рода, найдем некоторые начальные моменты:

$\alpha_1 = \alpha_{[1]} = np$ – математическое ожидание,

$\alpha_2 = \alpha_{[2]} + \alpha_{[1]} = n(n-1) p^2 + np$,

$\alpha_3 = \alpha_{[3]} + 3\alpha_{[2]} + \alpha_{[1]} = n(n-1)(n-2) p^3 + 3n(n-1) p^2 + np$,

$\alpha_4 = \alpha_{[4]} + 6\alpha_{[3]} + 7\alpha_{[2]} + \alpha_{[1]} =$

$= n(n-1)(n-2)(n-3) p^4 + 6n(n-1)(n-2) p^3 + 7n(n-1) p^2 + np$.

Центральным моментом n-го порядка случайной величины X называется $\mu_n = M\left((X - M(X))^n\right)$. Очевидно, что $\mu_0 = 1$, $\mu_1 = 0$, $\mu_2 = D(X)$. Центральные моменты n-ого порядка случайной величины X связаны с ее начальными моментами соотношением

$$\mu_n = M\left((X - M(X))^n\right) = M\left(\sum_{m=0}^{n} (-1)^m C_n^m X^{n-m} \alpha_1^m\right) = \sum_{m=0}^{n} (-1)^m C_n^m \alpha_{n-m} \alpha_1^m .$$

Найдем некоторые центральные моменты n-го порядка:

$$\mu_2 = \alpha_2 - \alpha_1^2 = n(n-1)p^2 + np - (np)^2 = -np^2 + np = np(-p+1);$$

$$\mu_3 = \alpha_3 - 3\alpha_2\alpha_1 + 2\alpha_1^3 = n(n-1)(n-2)p^3 + 3n(n-1)p^2 + np -$$

$$-3\left(n(n-1)p^2 + np\right)np + 2(np)^3 = 2np^3 - 3np^2 + np = np\left(2p^2 - 3p + 1\right);$$

$$\mu_4 = \alpha_4 - 4\alpha_3\alpha_1 + 6\alpha_2\alpha_1^2 - 3\alpha_1^4 = n(n-1)(n-2)(n-3)p^4 + 6n(n-1)(n-2)p^3 + 7n(n-1)p^2 + np -$$

$$-4\left(n(n-1)(n-2)p^3 + 3n(n-1)p^2 + np\right)np + 6\left(n(n-1)p^2 + np\right)(np)^2 - 3(np)^4 =$$

$$= \left(3n^2 - 6n\right)\left(p^4 - 2p^3 + p^2\right) - np^2 + np .$$

Коэффициент асимметрии $A = \dfrac{\mu_3}{\sigma^3} = \dfrac{npq(q-p)}{\left(\sqrt{npq}\right)^3} = \dfrac{q-p}{\sqrt{npq}}$.

Биномиальный закон распределения имеет положительную (отрицательную) асимметрию, если $q - p = 1 - 2p > 0$ $(1 - 2p < 0)$ или $p > 0{,}5$ $(p < 0{,}5)$.

Эксцесса коэффициент (эксцесс – скалярная характеристика островершинности графика плотности вероятности унимодального распределения)

$$E = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3 = \frac{3n(n-2)p^2q^2 + npq}{(npq)^2} - 3 = \frac{3n^2p^2q^2 - 6np^2q^2 + npq}{(npq)^2} - 3 =$$

$$= \frac{-6pq + 1}{npq} = \frac{6p^2 - 6p + 1}{npq} = \frac{6\left(p - \dfrac{3-\sqrt{3}}{6}\right)\left(p - \dfrac{3+\sqrt{3}}{6}\right)}{npq}.$$

$$E'(p) = \left(\frac{6p^2 - 6p + 1}{np(1-p)}\right)' = \frac{1}{n}\left(-6 + \frac{1}{p(1-p)}\right)' = \frac{1}{n}\left(-6 + \frac{1}{p} + \frac{1}{1-p}\right)' = \frac{2p-1}{np^2(1-p)^2}.$$

Эксцесса коэффициент $E < 0$, если $\dfrac{3-\sqrt{3}}{6} < p < \dfrac{3+\sqrt{3}}{6}$ и $E > 0$, если $0 < p < \dfrac{3-\sqrt{3}}{6}$ или $\dfrac{3+\sqrt{3}}{6} < p < 1$.

Мода распределения $M_0(X) = k_0$, если $p_{k_0}(n,p) \geq p_{k_0-1}(n,p)$ и $p_{k_0}(n,p) \geq p_{k_0+1}(n,p)$.

Неравенство $p_{k_0}(n,p) \geq p_{k_0-1}(n,p)$ выполняется, если $C_n^{k_0} p^{k_0} q^{n-k_0} \geq C_n^{k_0-1} p^{k_0-1} q^{n-(k_0-1)}$ или $\dfrac{n!\,p^{k_0}q^{n-k_0}}{k_0!(n-k_0)!} \geq \dfrac{n!\,p^{k_0-1}q^{n-k_0+1}}{(k_0-1)!(n-k_0+1)!}$, т.е., когда $(n-k_0+1)p \geq k_0 q$ или $np + p \geq k_0$.

Неравенство $p_{k_0}(n,p) \leq p_{k_0-1}(n,p)$ выполняется, если

$$C_n^{k_0} p^{k_0} q^{n-k_0} \geq C_n^{k_0+1} p^{k_0+1} q^{n-(k_0+1)} \text{ или } \frac{n!\,p^{k_0}q^{n-k_0}}{k_0!(n-k_0)!} \geq \frac{n!\,p^{k_0+1}q^{n-k_0-1}}{(k_0+1)!(n-k_0-1)!},$$

т.е., когда $(k_0+1)q \geq (n-k_0)p$ или $k_0 \geq np - q$.

Следовательно, для моды $M_0(X)=k_0$ выполняется неравенство $np-q\le k_0\le np+p$ или, когда k_0 принадлежит отрезку $[np-q;np+p]$, который имеет длину, равную $(np+p)-(np-q)=p+q=1$.

Таким образом, если $(np+p)\notin N$, то распределение имеет моду $M_0(X)=[np+p]$, где $[np+p]$ – целая часть числа $(np+p)$, и распределение является **унимодальным**.

Если же $(np+p)\in N$, то распределение имеет две моды $M_0(X)=np+p-1=$ $=np-q$ и $M_0(X)=np+p$, и распределение является **бимодальным**.

Заметим, что распределение является бимодальным, если $np+p=m\in N$ или когда $p=\frac{m}{n+1}$, где $m\in N$ и $m<n+1$.

Список цитированных источников

1. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Высшая школа, 1999. – 576 с.
2. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн – М.: Наука, 1977. – 831 с.

УДК 519.853.3

Мокин А.А., Бруцкий В.Р.
Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Ракецкий В.М.

ЧИСЛЕННОЕ СРАВНЕНИЕ ПРЯМОГО ОПОРНОГО МЕТОДА С МЕТОДАМИ СОПРЯЖЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ

1. Введение. Целью настоящей работы является экспериментальное исследование прямого опорного метода для минимизации выпуклых функций [1] и его сравнение с другими известными методами. В качестве объекта для проведения численного эксперимента рассматривается задача безусловной оптимизации

$$f(x)\to min, x\in R^n, \qquad (1)$$

где $f(x)$- строго выпуклая функция, т.е. в задаче (1) всегда существует единственное решение x^* – точка минимума функции $f(x)$, которая удовлетворяет необходимым и достаточным условиям оптимальности

$$\Delta_j(x)=\frac{d}{dx_j}f(x)=0,\quad j=\overline{1,n}. \qquad (2)$$

Для выяснения эффективности прямого опорного метода и получения данных для анализа и сравнения в эксперименте использовались:

1) метод сопряженных градиентов Флетчера-Ривса [2]. Выбор этого известного метода в качестве одного из эталонов для сравнения обусловлен его алгоритмической простотой и низкой трудоемкостью итерации, что обеспечивает высокую эффективность метода на задачах невысокой размерности. Его недостатком является чувствительность к вычислительным погрешностям, что снижает его эффективность особенно для задач с большим числом переменных;

2) метод Давидона-Флетчера-Пауэлла [2]. Этот метод относится к группе квазиньютоноских методов, которые для организации итерационных вычислений используют специальную вспомогательную матрицу, в которой накапливается информация о структуре минимизируемой функции. Итерация квазиньютоновских методов отличается большей трудоёмкостью в сравнении с методом сопряженных градиентов. Однако, благодаря ис-

пользованию информации о структуре функции и устойчивости к вычислительным погрешностям, квазиньютоновские методы показали высокую эффективностью для задач вида (1). Метод Давидона-Флетчера-Пауэлла отличается наиболее высокими характеристиками.

2. Алгоритмы методов. Приведем краткое описание алгоритмов методов, которые были программно реализованы и приняли участие при проведении численного эксперимента.

2.1. Прямой опорный метод. Пусть $\{x, J_{оц}\}$ – опорный план [1] задачи (1), известный к началу итерации, ε – заданная точность выполнения условий оптимальности (2). Предположим, что опора целевой функции $J_{оц}$ состоит из индексов $\{i_1, i_2, \dots, i_m\}$, множество неопорных индексов $J_н$ состоит из индексов $\{j_1, j_2, \dots, j_{n-m}\}$, j_k – неопорный индекс, для которого предстоит проверить условия оптимальности на текущей итерации, $J_н^0$ – множество индексов из $J_н$, для которых на предыдущих итерациях был установлен факт выполнения условий оптимальности с заданной точностью, т.е.

$$|\Delta_j(x)| \le \varepsilon, \quad j \in J_н^0,$$

и опорный план $\{x, J_{оц}\}$ не менялся.

2.1.1. Проверим, выполняются ли условия оптимальности (2) на индексе j_k с заданной точностью:

$$|\Delta_{j_k}(x)| \le \varepsilon. \tag{3}$$

Если условие (3) не выполняется, то перейдем к п. 2.1.3. В противном случае положим $J_н^0 = J_н^0 \bigcup \{j_k\}$. Возможны 2 случая:

а) $J_н^0 = J_н$, т.е. все неопорные индексы удовлетворяют с заданной точностью условиям оптимальности. В этом случае перейдем к проверке согласованности опорного плана.

б) $J_н^0 \subset J_н$, $J_н^0 \ne J_н$, т.е. возможно, что среди неопорных индексов есть такие, для которых условия оптимальности не выполняются с заданной точностью. В этом случае положим $k = (k+1) \bmod (n-m)$ и снова проверим условие (3) для нового индекса (повторим пункт 2.1.1).

2.1.2. Проверим условия согласования опорного плана

$$|\Delta_j(x)| \le \varepsilon, \quad j \in J_{оц} \tag{4}$$

Если условия согласования (4) выполняются, то решение задачи (1) окончено, план x принимаем в качестве оптимального плана. В противном случае полагаем $J_{оц} = \varnothing$ и переходим к п.2.1.1. В качестве индекса j_k используем первый из индексов опорного плана, для которого не выполнены условия согласования (4).

2.1.3. Построим направление для улучшения опорного плана $\{x, J_{оц}\}$

$$l_{j_k} = -sign\Delta_{j_k}, \quad l_j = 0, \quad j \in J_н \setminus \{j_k\}, \quad l_{оц} = G_{оц}\, p_{оц}\, sign\, \Delta_{j_k}, \tag{5}$$

где $p_{оц} = \{p_j, j \in J_{оц}\}$, $p_j = \dfrac{\partial^2 f(x)}{\partial x_j \partial x_{j_k}}$.

2.1.4. Вычислим шаг θ вдоль направления l:

$$\theta = \begin{cases} |\Delta_{j_k}| / \alpha, \text{если } \alpha > 0, \\ \infty, \text{если } \alpha \le 0, \end{cases}, \quad \alpha = l'_{оц} p_{оц} sign\, \Delta_{j_k} + d_{j_k j_k}, d_{j_k j_k} = \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x_{j_k} \partial x_{j_k}}$$

Если $\theta = \infty$, то перейдем к п.2.1.6.

2.1.5. Проверим условие

$$f(x + \theta l) < f(x) - \eta. \tag{6}$$

Возможны 2 варианта:

а) условие (6) выполняется. В этом случае построим новый опорный план $\{\tilde{x}, \tilde{J}_{оц}\}$, где $\tilde{x} = x + \theta l$, $\tilde{J}_{оц} = J_{оц} \bigcup \{j_k\}$, и пересчитаем матрицу $G_{оц}$:

$$\tilde{G}_{оц} = \begin{pmatrix} G_{оц} + \frac{l_{оц} l'_{оц}}{\alpha} & -\frac{l_{оц}}{\alpha} sign\Delta_{j_s} \\ -\frac{l'_{оц}}{\alpha} sign\Delta_{j_s} & \frac{1}{\alpha} \end{pmatrix}$$

Если $|\tilde{J}_{оц}| = n$, то $\tilde{J}_н = \varnothing$. Поэтому следующую итерацию начнем сразу с п. 2.1.2 – проверки условий согласования опорного плана $\{\tilde{x}, \tilde{J}_{оц}\}$. Если же $|\tilde{J}_{оц}| < n$, то перейдем к п. 2.1.1. При этом в проверку условий оптимальности начнем с индекса j_{k+1} (следующего по порядку после j_k в множестве $J_н$), приняв, что $\tilde{J}^0_н = \varnothing$ (если j_k - последний из индексов множества $J_н$, т.е. $k = n-m$, то проверку условий оптимальности начнем с индекса j_1 – первого индекса в множестве $\tilde{J}_н$);

б) условие (6) не выполняется. Продолжим итерацию, для чего перейдем к п. 2.1.6.

2.1.6. Найдем шаг θ вдоль направления l с помощью метода одномерной оптимизации (например, метода «золотого» сечения) и проверим условие

$$f(x + \theta l) < f(x) - \eta / 8 \qquad (7)$$

Возможны 2 исхода:

а) условие (7) выполняется. В этом случае уточним значение параметра $\eta = (f(x) - f(x + \theta l))/2$ и перейдем к следующей итерации по правилам пункта 2.1.5 а), приняв в качестве значения α величину $\alpha = |\Delta_{j_s}| / \theta$.

б) условие (7) не выполняется. В этом случае прервем текущую итерацию и проверим условия согласования опорного плана $\{x, J_{оц}\}$, т.е. перейдем к п. 2.1.2.

2.2. Метод сопряженных градиентов.

1. Пусть x^0 – начальная точка, тогда в качестве направления выберем антиградиент $S^0 = -\Delta(x^0)$ и найдем минимум вдоль направления S^0.

2. Допустим, что на шаге k мы находимся в точке x^k и $-\Delta(x^k)$ – направление антиградиента. Направление на данном шаге будем выбирать согласно формуле: $S^k = -\Delta(x^k) + \omega_k S^{k-1}$, где $\omega_k = \frac{\|\Delta(x^k)\|^2}{\|\Delta(x^{k-1})\|^2}$ (стандартный алгоритм – Флетчера-Ривса).

3. Новую точку x^{k+1} вычислим по формуле $x^{k+1} = x^k + \theta_k S^k$, где $\theta_k = \arg\min_{\theta} f(x^k + \theta S^k)$.

Если $\|\Delta(x^{k+1})\| < \varepsilon$, то останавливаем алгоритм.

Иначе, если $(k+1) < n$, то переходим к пункту 2. Иначе выполняем пункт 2 при $\omega_k = 0$.

2.3. Метод Давидона-Флетчера-Пауэлла.

1. Задаем начальную точку x^0 и погрешность ε.

2. Вычисляем $H^0 = \left[\frac{\partial^2 f(x^0)}{\partial x^2}\right]^{-1}$.

3. Допустим, что на шаге k мы находимся в точке x^k и в этой точке построена матрица H^k. Тогда новые координаты точки находятся следующим образом: $x^{k+1} = x^k + \theta_k S^k$, где $S^k = -H^k \Delta(x^k)$, $\theta_k = \arg\min_{\theta} f(x^k + \theta S^k)$.

4. Пересчет H^{k+1} производится по формуле:

$$H^{k+1} = H^k - \frac{H^k y^k \left(y^k\right)^T H^k}{\left(y^k\right)^T H^k y^k} + \theta_k \frac{S^k \left(S^k\right)^T}{\left(S^k\right)^T y^k},$$

где $y^k = \Delta(x^{k+1}) - \Delta(x^k)$.

5. Если $\|\Delta(x^{k+1})\| < \varepsilon$, то останавливаем алгоритм.

Если $(k+1) < n$, то переходим к пункту 3.

Иначе полагаем $x^0 = x^n$ и выполняем пункт 2 .

При программной реализации описанных выше алгоритмов для реализации одномерного поиска использовался метод «золотого» сечения [2].

3. Эксперимент. В эксперименте целевая функция (1) имела вид

$$f(x) = \frac{1}{2} x^T D x + c^T x + \sum_{i=1}^{m} e^{\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j}, \qquad (8)$$

где D – симметричная положительно определенная $(n*n)$- матрица, c – n-вектор, $a_{ij}, i = \overline{1,m}, j = \overline{1,n}$ – известные величины. Для автоматизации процесса тестирования был разработан генератор задач вида (8). В ходе эксперимента генерировались задачи одного размера сериями по 10 штук. Каждая задача из серии по очереди решалась тремя вышеописанными алгоритмами. Сравнение алгоритмов проводилось по двум параметрам: времени решения и количеству итераций. В качестве результатов эксперимента принимались средние результаты по серии, из которых отбрасывалось одно наибольшее и одно наименьшее значение (т.е. сумма оставшихся делилась на 8). В табл. 1 приведены результаты эксперимента по решению задач с размерами от 3 до 20 переменных.

Таблица 1 – Результаты эксперимента (ПМ – прямой метод, СГ – метод сопряженных градиентов, ДФП – метод Давидона-Флетчера-Пауэлла)

Количество переменных	Количество итераций			Время решения (мс)		
	ПМ	СГ	ДФП	ПМ	СГ	ДФП
3	10.0	7.8	5.5	2.4	3.4	12.6
4	12.0	11	5.9	4.8	9.4	25.0
5	14.1	17.3	5.5	3.8	15.1	31.6
10	34.8	131.9	10.8	48.5	436.3	238.4
15	70.4	-	15.8	343.8	-	784.6
20	96.0	-	22.5	1042.6	-	4515.3

Результаты эксперимента подтверждают известные выводы о численной неустойчивости метода сопряженных градиентов и высокой эффективности метода Давидона-Флетчера-Пауэла. Метод сопряженных градиентов плохо решал или не решал вовсе с заданной точностью задачи с количеством переменных больше 10.

Проведенный численный эксперимент свидетельствует о высокой эффективности прямого опорного метода: хотя прямой опорный метод уступает методу Давидона-Флетчера-Пауэла по количеству итераций, однако существенно превосходит его по скорости решения.

Список цитироанных источников

1. Ракецкий, В.М. К минимизации выпуклых функций с простыми ограничениями // Вестник Брестского государственного технического университетата. – 2011. – № 5(71): Физика, математика, информатика. – С. 108–110

2. Банди, Б. Методы оптимизации. Вводный курс. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.

УДК 656.13.05
Радкович А.С., Охремюк Д.П.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Шуть В.Н.

МНОГОАГЕНТНАЯ СИСТЕМА ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

В реалиях современного мира транспорт играет одну из наиважнейших ролей. Можно без доказательства принять тот факт, что качество доставки рабочего персонала на рабочие места может значительно повлиять на рабочую деятельность в течение дня. Конечно, нельзя забывать, что транспорт – это экологический фактор, кардинально влияющий на окружающую экосистему. И для того, чтобы эффективность транспорта была максимальной и количество отрицательных факторов было минимальным, необходимо разрабатывать и вносить новации в эту сферу.

Рассмотрим факторы, отвечающие за контроль и управление транспортом. В настоящее время важнейшим из них и основным является светофор. Светофоры, как средство управления транспортным движением на перекрестках, используются на протяжении нескольких десятков лет без принципиальных изменений, в то время как растущее количество АТС (автономное транспортное средство) создает дорожные заторы на перекрестках. Современные большие города переполнены автомобильным транспортом. Высокая плотность автомобильного потока создает заторы на улицах, что в результате замедляет ход движения автотранспорта. Известно, что главными точками торможения и переполнения улиц являются светофорные перекрестки. Светофоры настроены четким последовательным алгоритмом. Более эффективным способом работы светофоров является адаптивная система. Она подразумевает собой возможность получения данных о входном потоке автотранспортных средств (АТС). В зависимости от количества транспорта изменяется время фазы светофора.

Разработки в данной области начались сравнительно недавно, но, несмотря на это, такие страны-гиганты, как США активно решают транспортные задачи. Для наглядности приведём перечень достижений национального плана США по внедрению ITS [1, 2]:

- Снижение на 15% количества смертей, связанных с наземным транспортом, что сбережет 5-7 тыс. жизней ежегодно.
- Уменьшение на 20-40% времени реакции на дорожные происшествия.
- Экономия $20 млрд. в год за счет увеличения пропускной способности транспортной системы.
- Экономия 13% топлива (это около 200 млн.тонн) бензина в год с сокращением выхлопов в атмосферу как минимум на пропорциональную этой экономии топлива цифру.
- Сокращение времени в пути на 13% по сравнению с сегодняшним состоянием.
- Множество качественных целей, которые трудно оценить количественно (защита от террористов и катастроф, работоспособность транспорта даже во время кризисов и т.д.).

Значительное подспорье в развитии данной системы даёт внедрение в АТС датчиков и сенсоров, которые в сочетании с бортовым компьютером дают широкий фундамент для развития в данной области.

Таким образом задача сводится к следующему:

- Разработка алгоритма формирования координированных пачек (колонн).
- Разработка алгоритма разъезда автомобильной пачки на перекрёстке.

Разработка алгоритма формирования координированных пачек (колонн). Двигаясь от одного перекрёстка к другому автомобили формируются в пачки (колонны). Формирование происходит исходя из качественного состава пачки, т.е. учитывается число автомобилей, едущих по определённому направлению (налево, прямо, направо). На этом этапе

пачки формируются (переформируются) таким образом, чтобы пересечение они перекрёстка заняло минимально возможное время.

Пачка имеет ведущий автомобиль, который посылает агенту-менеджеру на перекрёстке информацию о пачке. Математически пачку можно охарактеризовать функцией:

$$S_i(x_i, V_i, (A)_i), \quad (1)$$

где i – номер пачки; X_i – координаты i-й пачки; V_i – её скорость; $(A)_i$ – матрица, характеризующая построение транспортных средств.

Матрица, характеризующая построение транспортных средств, в общем случае выглядит так:

$$(A)_i = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1 & 2 & 3 \\ 2 & 2 & 2 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где 1, 2, 3 означает, что транспорт повернёт налево, поедет прямо, повернёт направо, соответственно.

Размерность матрицы зависит от количества дорожных полос и от количества автомобилей, находящихся в пачке. Данные поступают одновременно от ведущих АТС каждой пачки агенту-менеджеру. После чего от агента-менеджера посылаются сообщения каждой пачке о том, каким образом следует перестроиться и какую скорость следует удерживать:

$$S_{i\ back}(V_i, (A)_i). \quad (3)$$

Алгоритм разъезда автомобильной пачки на перекрёстке. Перекрёсток является «узким» местом в дорожной сети, имеет ограниченную пропускную способность [3]. Существуют так называемые конфликтные зоны – зоны, где движения потоков автомобилей пересекаются. В современных системах эта проблема решается с помощью регулирования светофорами, что при больших загрузках автомагистралей способствует формированию пробок, тормозящих движение, большей загазованности. Наша концепция безостановочного движения предполагает работу светофоров только в отсутствие машин. В остальном наша задачи заключается в урегулировании движения таким образом, чтобы координированная пачка автомобилей как можно меньше времени занимала перекрёсток.

Избегать столкновений в конфликтных зонах можно, пропуская пачки автомобилей по очереди. При этом остальные пачки не ждут у стоп-линии, агент-менеджер на перекрёстке посылает сообщение ведущим машинам других пачек сбавить скорость. Таким образом, форсирование крестообразного перекрёстка уже состоит из 4 этапов (один этап – разъезд пачки). 5 этап – переход дороги пешеходами. Он наступает тогда, когда предыдущие этапы к этому времени завершены, и завершает при повторе цикла.

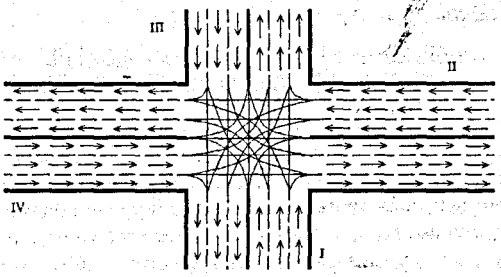


Рисунок 1 – Крестообразный перекрёсток

5 пунктов выполняются в самом трудном случае, когда каждая полоса занята или каждая пачка конфликтует со всеми другими. Существует вариант одновременного пропуска пачек, если их пути не пересекаются.

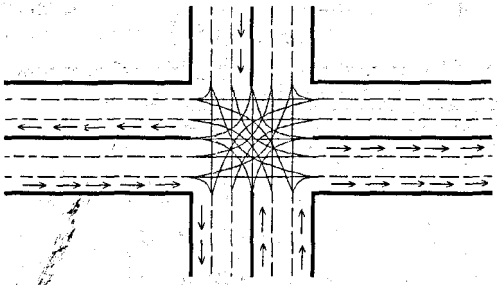


Рисунок 2 – Пример неконфликтной ситуации

Также этап перехода дороги пешеходами может быть выполнен частично, если заранее известно, что в ближайшее время пешеходный переход не будет пересечён.

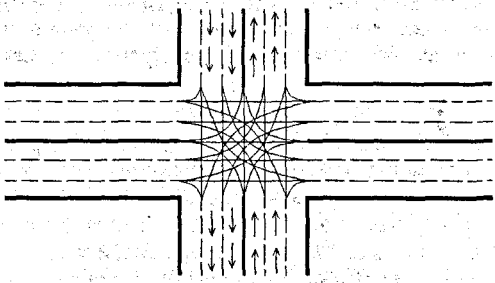


Рисунок 3 – Пункт 5 выполняется для II и IV

Список цитированных источников

1. http://www.itsa.org/subject.nsf/vLookupReport
2. http://www.fhwa.dot.gov – официальный сайт департамента транспорта США (FHWA).
3. Кременец, Ю.А. Технические средства регулирования дорожного движения / Ю.А. Кременец, М.П. Печерский. – Москва: Транспорт, 1981. – 256 с.

УДК 681.3

Рыщук А.С., Козеко Е.Л.
Научный руководитель: профессор Муравьев Г.Л.

РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ СЕТЕЙ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Наряду с адекватностью, результативностью и другими характеристиками степень полезности и применимости имитационных моделей наиболее существенно зависит от их сложности, трудоемкости [1, 2]. Для стохастических сетевых моделей (ССМ) [3] трудоемкость оценивается количеством вычислительной работы (времени, операций), требуемой для проведения имитации и получения набора характеристик заданной полноты и точности. Слагаемым трудоемкости имитационного моделирования стохастических сетей является как трудоемкость реализации применяемого алгоритма имитации (спо-

соба обработки списков событий, продвижения модельного времени, организации квазипараллельностей, генерации случайных объектов, сбора данных, оценки характеристик и т.д.), так и трудоемкость моделируемой стохастической сети конкретной архитектуры [4-6].

Наиболее существенное снижение трудоемкости возможно за счет распараллеливания процессов моделирования, использования существующих средств реализации естественного параллелизма. Соответственно цель работы – исследование особенностей моделирования систем на базе стохастических сетей в многозадачных средах. Это предполагает рассмотрение таких задач, как:

- построение оценок базовых характеристик (сложности, вычислительной сложности, трудоемкости и т.д.) имитационных моделей стохастических сетей, построение параметризованной модели трудоемкости;
- построение имитационных моделей стохастических сетей на языках высокого уровня (ЯВУ-моделей), выбор средств и способов мониторинга моделей, проведение мониторинга моделей для оценки трудоемкости и ее составляющих;
- выбор стратегий распараллеливания (сетевое, локальное, внутреннее, внешнее и т.д.), анализ и выбор средств распараллеливания вычислений в многозадачных средах, разработка алгоритмов распараллеливания вычислений ЯВУ-моделей;
- организация экспериментов по оценке трудоемкости и составляющих трудоемкости ЯВУ-моделей с распараллеливанием (с учетом сложности, вычислительной сложности, режимов функционирования моделируемых сетей).

Основные методы и средства, используемые в работе: методы имитационного моделирования дискретных систем; экспериментальные методы исследования и мониторинга базовых процессов в моделях; методы теории массового обслуживания, сетевые графики для получения оценок и построения моделей трудоемкости; средства языка UML для описания параллельных процессов, объектно-ориентированная технология для макетирования ЯВУ-моделей, алгоритмов распараллеливания.

Для решения указанных задач, получения оценок трудоемкости модели, исследования алгоритмов внутреннего распараллеливания спроектированы ЯВУ-модели, реализованные в объектно-ориентированных технологиях как совокупность взаимосвязанных объектов, отображающих структурные компоненты сети и их взаимодействие. Использованы средства Visual Studio C++, библиотеки STL и OpenMP для реализации алгоритмов распараллеливания [7]. Спроектирована иерархия классов, обеспечивающая функциональность ЯВУ-модели.

Эффекты внутреннего распараллеливания рассматривались как на уровне базовых процедур (генерация случайных объектов, сбор статистических данных и т.д.), так и непосредственно в алгоритмах продвижения модельного времени и управления обработкой событий. При этом имитационная модель строилась в едином пространстве имен как приложение с использованием внутренних вычислительных потоков. Рассмотрены типовые функциональные действия, активности, условия их запуска.

Для случаев параллельного дискретно-событийного и пошагового (event-driven, time-driven) подходов проведен анализ ситуаций для организации параллельного исполнения, возможных конфликтов, нарушений причинно-следственных связей и механизмов их разрешения, синхронизации процессов.

Для распараллеливания самого алгоритма управления моделированием в качестве вариантов параллельной обработки применялись следующие подходы:

- опережающий по времени анализ списков событий для выявления событий будущих тактов, пригодных для параллельной обработки, выполнения соответствующих процедур, активностей;

- модификация указанного подхода с упрощенным анализом списков и возможностью отката к предыдущим тактам моделирования при возникновении конфликтов;

- распараллеливание процессов обработки отдельных событий – параллельное выполнение соответствующих им независимых базовых активностей.

Таким образом, в работе рассмотрены проблемы, связанные с оценкой трудоемкости имитационных моделей и ее снижения за счет применения инструментов распараллеливания на примере стохастических сетевых моделей. Предложены алгоритмы распараллеливания. Приведены результаты мониторинга трудоемкости моделей и их составляющих.

Список цитированных источников

1. Советов, Б.Я. Моделирование систем / Б.Я.Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высш. шк., 2005. – 343 с.
2. Рыжиков, Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии / Ю.И. Рыжиков. – СПб.: КОРОНА, 2004. – 320 с.
3. Майоров, С.А. Основы теории вычислительных систем / С.А. Майоров, Г.И. Новиков, Т.И. Алиев. – М.: Высшая школа, 1978. – 320 с.
4. Максимей, И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1988. – 232 с.
5. Рыщук, А.С. Трудоемкость имитационного моделирования стохастических сетей: сб. конкурсных науч. работ студентов и магистрантов. – Брест: БрГТУ, 2012. – Ч. 1. – С. 92-94.
6. Муравьев, Г.Л. К оценке трудоемкости имитационных моделей / А.Н. Рыщук, Г.Л. Муравьев // Современные информационные технологии в образовании и научных исследованиях (СИТОНИ-2012): материалы 3-й Междунар. НТК студентов и молодых ученых. – Донецк: ДонНТУ, 2012. – С. 340-344.
7. Труб, И.И. Объектно-ориентированное моделирование на C++. – СПб.: Питер, 2006. – 411 с.

УДК 681.3.06

Сухоцкий Р.П.
Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Лебедь С.Ф.

ПРОИЗВОДЯЩАЯ ФУНКЦИЯ

В работе рассмотрено понятие производящей функции и ее приложения.

Определение. Производящей функцией последовательности $\{a_n\}$ называется сумма степенного ряда $f_a(t) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n t^n$.

Приложения производящей функции.

- **Комбинаторика.**

Постановка задачи о расстановке черных и белых шаров. Сколькими различными способами можно расположить в линию чёрные и белые шары, общее количество которых равно *n*?

Решение. В этой задаче есть один параметр – число шаров *n*. Решением считается формула, позволяющая получить ответ для любого заданного *n* (в данном случае $n \geq 0$). Этот ответ будем обозначать символом a_n.

Обозначим белый шар символом – ○, а чёрный – ●. Нулевое количество шаров будем обозначать – о. Получим решение для небольшого значения параметра. Например: n = 2 : ○○, ○●, ●○, ●● $\Rightarrow a_2$=4; n =1 : ○, ● $\Rightarrow a_1$ =2. Единственный способ не располагать в линию ничего – это **ничего не делать**, причём ничего не делать **можно одним способом**.

В случае *n* = *3* можно взять самый левый шар белым и **закончить комбинацию** ○... **четырьмя способами**, а можно взять его чёрным, **закончив комбинацию** ●... **также**

четырьмя способами. Значит, $a_3 = 2a_2$. Рассуждая аналогично, приходим к выводу, что $a_n = 2a_{n-1}$ (для $n \geq 1$), это означает, что $a_n = 2^n$.

Решим данную задачу с помощью производящей функции. Для этого «просуммируем» все возможные комбинации (включая пустую) следующим образом: A=ø+○+●+○○+●○+ +○●+●●+○○○+○○●+○●○+○●●+...

Проведя с «рядом» *A* ряд арифметических манипуляций, получим A = øø−○−●, т.е.

$$A = \sum_{n=0}^{\infty} (\circ + \bullet)^n = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} C_n^k \circ^k \bullet^{n-k} = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} C_n^k t^n .$$

Так как в нашей задаче неважно, какой шар на каком месте стоит, важно, что их общее количество равно *n*, то можно заменить оба символа ○ и ● одной буквой *t*. Значит,

$$a_n = \sum_{k=0}^{\infty} C_n^k = 2^n .$$

- **Теория вероятностей.**

1. Постановка задачи. Вероятность перегорания первой, второй, третьей и четвертой ламп равны соответственно 0,1; 0,2; 0,3 и 0,4. Вероятность выхода из строя прибора при перегорании одной лампы равна 0,2; двух ламп – 0,4; трех – 0,6; четырех – 0,8. Определить вероятность выхода прибора из строя.

Решение. Традиционно такого рода задачи решаются при помощи формулы полной вероятности. Применение понятия производящей функции существенно сокращает вычисления. Одна из простейших производящих функций в теории вероятностей связана с событиями с двумя исходами (бросание монеты, устройство работает или нет, и т.д.): $q+p=1$. Для *n* независимых испытаний с двумя исходами (схема Бернулли) производящей функцией будет $f(t) = (q + pt)^n$.

По условию задачи имеем: $p_1 = 0.1$, $p_2 = 0.2$, $p_3 = 0.3$, $p_4 = 0.4$, $q_1 = 0.9$; $q_2 = 0.8$; $q_3 = 0.7$; $q_4 = 0.6$. Тогда производящая функция равна:

$$f(t) = 0.3024 + 0.4404t + 0.2144\,t^2 + 0.0404\,t^3 + 0.0024\,t^4,$$

где коэффициенты при t^k – вероятности отказа *k*-й лампы. Применяя формулу полной вероятности, находим вероятность выхода прибора из строя:

$P = 0.4404 \cdot 0.2 + 0.2144 \cdot 0.4 + 0.0404\ 0.6 + 0.0024 \cdot 0.8 = 0.2$.

2. Числовые характеристики дискретной случайной величины.

Нахождение числовых характеристик ДСВ с целыми неотрицательными значениями удобно производить с помощью производящих функций.

Пусть задан ряд распределения ДСВ *X*.

X_i	0	1	2	...	k	...
p_i	p_0	p_1	p_2	...	p_k	...

Производящей функцией для ДСВ*X* называется функция вида:

$$f(t) = \sum_{k=0}^{\infty} p_k t^k ,$$

где t – произвольный параметр, $0 < t \leq 1$, p_k – вероятности закона распределения ДСВ *X*.

Дифференцируя по t производящую функцию и положив в ней $t = 1$, получим: $f'(1) = \sum_{k=0}^{\infty} k p_k = M(X)$, то есть математическое ожидание $M(X) = f'(1)$.

Рассуждая аналогично, получим, что дисперсия ДСВ X вычисляется по формуле: $D(X)=f''(1)+f'(1)-(f'(1))^2$.

Постановка задачи. Найти математическое ожидание и дисперсию случайной величины X. Ряд распределения СВ X:

X_i	0	1	2	3
p_i	0.1	0.2	0.3	0.4

Решение. Составим производящую функцию для нашей СВ X:
$f(t)=0.1+0.2t+0.3t^2+0.4t^3$, тогда:
$M(X)=f'(1)=2$ и $D(X)=f''(1)+f'(1)-(f'(1))^2=1$.

- **Применение производящей функции для нахождения суммы ряда.**

Постановка задачи. Найти сумму ряда: $1^2+2^2+3^2+\ldots+n^2=\sum_{i=1}^{n} i^2$.

Решение. Введем в рассмотрение четыре числовых последовательности $a_k=1$, $b_k=ka_k$, $c_k=kb_k$ и $d_k=\sum_{i=1}^{k} i^2$, а также их производящие функции $f_a(t)$, $f_b(t)$, $f_c(t)$, $f_d(t)$.

Искомой суммой будет число d_k – общий член последовательности $\{d_k\}$. Для его определения надо найти $f_d(t)$.

$$f_a(t)=\sum_{k=0}^{\infty} 1\cdot t^k=\frac{1}{1-t},\ f_a'(t)=\sum_{k=0}^{\infty} k\cdot a_k\cdot t^{k-1}=\sum_{k=0}^{\infty} b_k\cdot t^{k-1},\ tf_a'(t)=\sum_{k=0}^{\infty} b_k\cdot t^k=f_b(t).$$

Аналогично получим: $f_c(t)=t\cdot f_b'(t)=t\left(t\cdot f_a'(t)\right)'=t\cdot f_f'(t)+t^2\cdot f_a''(t)$.

Утверждение. Если $a_n=\sum_{i=0}^{n} b_i$, $n=0,1,2,\ldots$, то $f_a(t)=\frac{1}{1-t}f_b(t)$.

Тогда $f_d(t)=\frac{1}{1-t}f_c(t)$. Т.к. $f_a(t)=\frac{1}{1-t}$ разложим полученное выражение в ряд:

$f_d(t)=\frac{1}{1-t}\left(tf_a'(t)+t^2f_a''(t)\right)=\frac{t(1+t)}{(1-t)^4}$. Т.к. $\frac{1}{(1-t)^n}=\sum_{k=0}^{\infty} C_{n+k-1}^{k}\cdot t^k$, то $\frac{1}{(1-t)^4}=\sum_{k=0}^{\infty} C_{k+3}^{k}\cdot t^k$.

Следовательно,

$$f_d(t)=\frac{t(1+t)}{(1-t)^4}=t\cdot\frac{1}{(1-t)^4}+t^2\cdot\frac{1}{(1-t)^4}=t\cdot\sum_{k=0}^{\infty} C_{k+3}^{k}\cdot t^k+t^2\cdot\sum_{k=0}^{\infty} C_{k+3}^{k}\cdot t^k=\sum_{k=0}^{\infty} C_{k+3}^{k}\cdot t^{k+1}+\sum_{k=0}^{\infty} C_{k+3}^{k}\cdot t^{k+2}.$$

Откуда

$$d_k=C_{k+2}^{k-1}+C_{k+1}^{k-2}=C_{k+2}^{3}+C_{k+1}^{3}=\frac{(k+2)!}{(k-1)!\,3!}+\frac{(k+1)!}{(k-2)!\,3!}=\frac{k(k+1)(2k+1)}{6}.$$

Значит, $\sum_{i=1}^{n} i^2=\frac{n(n+1)(2n+1)}{6}$.

Список цитированных источников

1. Шапорев, С.Д. Дискретная математика. Курс лекций и практических занятий. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 400 с.: ил.

2. Письменный, Д.Т. Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам / Д.Т. Письменный. – 3-е изд. – М.: Айрис-пресс, 2008. – 288 с.

УДК 004.514.62
Шитиков А.В.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.

ВИДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА СОСТОЯНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Работа за компьютером, будь то взаимодействие с конкретным приложением или просто с графической оболочкой, задействует ряд естественных процессов организма. В ходе решения задачи пользователь обращается к собственной памяти и размышляет (когнитивные процессы), смотрит на экран (визуальный процесс), нажимает клавиши клавиатуры и перемещает по экрану указатель каким-либо устройством-манипулятором (моторные процессы). Соответственно, испытываемые в ходе работы нагрузки делятся на когнитивные, визуальные и моторные. Очевидно, что эти виды нагрузок задействуют неодинаковое количество ментальных ресурсов: когнитивная – максимальное количество, а моторная – минимальное. Моторная нагрузка, вызываемая конкретным интерфейсом, может быть рассчитана по закону Фиттса [1]. С одной стороны, ее целесообразно минимизировать, чтобы меньше отвлекать пользователя от решения задачи; но, с другой стороны, оптимальным может оказаться компромиссное решение, снижающее более затратные в ментальном плане виды нагрузки за счет нескольких дополнительных типовых действий (перемещений указателя мыши или кликов). Визуальная нагрузка может служить аналогичной цели: например целевым образом уменьшает когнитивную нагрузку на пользователя (не нужно помнить все возможности), сокращая тем самым время обучения, концепция интерфейса WIMP (window, icon, menu, pointing device – окно, значок, меню, манипулятор), в рамках которой доступные пользователю команды собраны в меню и управляются курсором мыши.

Изначально термин «когнитивная нагрузка» введен в когнитивной психологии для иллюстрации нагрузки, связанной с исполнительным контролем кратковременной памяти человека. Во время усвоения сложной информации массив данных и взаимодействий, которые должны быть обработаны одновременно, могут либо недогружать, либо перегружать конечный объем рабочей (кратковременной) памяти пользователя, и в последнем случае имеющееся содержимое должно быть обработано перед тем, как можно будет продолжить осмысленное обучение [2].

Процесс обучения более эффективен, когда опирается на ранее известную информацию (т.н. «существующие схемы»). Чем больше информации человек должен освоить за короткий промежуток времени, тем сложнее обработать эту информацию в рабочей памяти. Еще один аспект теории когнитивной нагрузки касается понимания того, сколько дискретных фрагментов информации может быть сохранено в кратковременную память до того, как произойдет потеря информации. В эргономике интерфейса этот принцип известен как «кошелек Миллера», согласно которому человек комфортно ориентируется не более чем среди семи однотипных объектов (например, элементов панели) [1].

Разновидности когнитивной нагрузки

Согласно ее автору (Дж. Свеллеру), теория когнитивной нагрузки задумана как набор руководящих принципов, предназначенных помочь в представлении информации так, чтобы повысить производительность мысленных процессов обучаемых [3]. Разработки Свеллера применяют аспекты теории обработки информации, чтобы подчеркнуть ограничения, присущие рабочей памяти. «Схемы», упоминавшиеся ранее, принимаются как единица анализа для разработки учебных материалов.

Теория когнитивной нагрузки предоставляет основной каркас для создателей учебных материалов, который позволяет контролировать условия обучения в пределах заданной среды. В частности, она предоставляет эмпирически-основанные руководящие принципы, которые помогают перенаправлять внимание обучающегося на сведения, относящиеся непосредственно к предмету изучения. Выделяются три типа когнитивной нагрузки:

• *Неотъемлемая когнитивная нагрузка* (intrinsic cognitive load) – неизбежный уровень сложности, связанный с изучаемым материалом. Любому обучению присуща определенная неотъемлемая сложность. Эта неизбежная сложность не может быть изменена, однако многие схемы могут быть разбиты на отдельные «подсхемы», которые изучаются обособленно, а позднее собираются вместе и описываются как одно целое.

• *Внешняя когнитивная нагрузка* (extraneous cognitive load) создается формой представления учебной информации, и т. о. находится под контролем разработчика учебных материалов. Поскольку когнитивный ресурс является общим и при том ограниченным, дополнительные усилия на на обработку внешней нагрузки в общем случае сокращают количество ресурсов, доступных для обработки неотъемлемой когнитивной нагрузки и релевантной нагрузки (т. е. обучения). Таким образом, в особенности когда неотъемлемая и/или релевантная нагрузка высоки (т. е. когда проблема является сложной), сведения должны быть представлены таким образом, чтобы сократить внешнюю нагрузку.

• *Релевантная когнитивная нагрузка* (germane cognitive load) – это нагрузка, посвященная обработке, построению и автоматизации схем. Она была впервые описана Свеллером (Sweller), Ван Мерриёнбоером (Van Merriënboer) и Паасом (Paas) в 1998 году. В то время как неотъемлемая когнитивная нагрузка, как правило, считается неизменной (несмотря на то, что могут быть применены методы для управления сложностью, путем сегментации и последовательного изложения материала), и посторонняя и релевантная нагрузка поддаются манипуляции. Предполагается, что постороннюю нагрузку следует ограничивать, а релевантную – стимулировать.

Чендлер и Свеллер представили концепцию внешней когнитивной нагрузки как обобщение результатов шести экспериментов. Большая часть этих экспериментов затрагивали сведения, демонстрирующие эффект расщепления внимания (split attention effect). Они обнаружили, что формат образовательных материалов либо поддерживает, либо ограничивает обучение, и предположили, что различие связано с высшими уровнями когнитивной нагрузки, наложенной форматом преподавания.

До статьи Свеллера, Ван Мерриёнбоера и Пааса 1998-го года, теория когнитивной нагрузки главным образом была сосредоточена на снижении внешней когнитивной нагрузки. После этой статьи исследователи когнитивной нагрузки начали искать пути реконструирования преподавания, чтобы то, что было бы посторонней нагрузкой, теперь было направлено на построение схемы (релевантная нагрузка). Таким образом, важная задача дизайнера информационных материалов – уменьшить внешнюю когнитивную нагрузку и перенаправить внимание обучающихся на когнитивные процессы, непосредственно относящиеся к построению схем.

Высокая когнитивная нагрузка может приводить к ряду ошибок, включая фундаментальную ошибку атрибуции. Понятия когнитивной нагрузки и возбуждения вносят вклад в «перегрузочное» разъяснение социальной фасилитации, т. е. того обстоятельства, что в присутствии аудитории субъекты обычно работают хуже в выполнении субъективно-сложных задач (в то время как они, как правило, успешнее выполняют субъективно-легкие задания).

Перегрузка информацией – одна из причин снижения надежности работы оператора. Защитные механизмы, противодействующие информационной перегрузке, могут приво-

дить, помимо замедления реакции, к пропуску информации, ее ошибочной обработке без последующего необходимого регулирования, пропуску информации в соответствии с некоторой схемой приоритета [4]. Однако в отличие от процесса обучения, при анализе профессиональной деятельности в диапазоне напряженности можно выделить оптимальную зону, а также зоны недогрузки и перегрузки, в которых наблюдается снижение эффективности деятельности человека [5]. В ряде случаев слабая помеха положительно воздействует на эффективность оператора (по сравнению с ее отсутствием). При попадании напряженности в оптимальную зону внешняя нагрузка может играть роль микропауз – промежутков между отдельными операциями, которые создают условия для кратковременного отдыха и препятствуют развитию утомления.

Также следует учитывать, что отдельные индивидуумы отличаются по своей способности обрабатывать информацию. Экспериментально зафиксировано, что индивидуум имеет неизменную способность к обработке информации независимо от рассматриваемой задачи, или точнее, независимо от приемов, которые он использует в решении поставленной задачи (задачи варьировались от запоминания простых списков до списков, дополненных фиксированной константой и простой арифметикой).

Подходы к определению когнитивной нагрузки пользователя

Как уже отмечалось выше, методология когнитивной нагрузки используется при определении автоматизированности (контролируемости) обработки информации. В отличие от автоматизированных процессов, контролируемые процессы предполагают когнитивные усилия. Это означает, что дополнительная когнитивная нагрузка будет ухудшать эффективность именно контролируемых процессов. Соответственно, предполагается, что автоматизированные процессы не будут находиться под влиянием дополнительной когнитивной нагрузки.

Для измерения когнитивной нагрузки предлагается два фундаментально-различных подхода. Паас и Ван Мерриёнбоер разработали в качестве индекса когнитивной нагрузки конструкцию, известную как относительная эффективность условия (relative condition efficiency), применяемую исследователями для измерения умственного усилия. Эта конструкция объединяет рейтинги интеллектуального усилия с оценками результативности. Вслед за Паасом и Ван Мерриёнбоером многие исследователи использовали эту и другие подобные конструкции для измерения того, как когнитивная нагрузка связана с изучением и преподаванием.

Эргономический подход пытается найти количественное нейрофизиологическое выражение когнитивной нагрузки с помощью стандартных измерительных инструментов (например, парных измерений сердечного ритма и кровяного давления в качестве показателя умственной и физической нагрузки). Применение подобных показателей может использоваться для определения предельных рабочих нагрузок и установления на их основе допустимых нагрузок.

Список цитированных источников

1. Раскин, Дж. Интерфейс: новые направления в проектировании компьютерных систем. – СПб.: Символ-Плюс, 2003. – 272 с.

2. Paas, F. Cognitive Load Theory: Instructional Implications of the Interaction between Information Structures and Cognitive Architecture / F. Paas, A. Renkel, J. Sweller // Instructional Science. – Vol. 32. – № 1-2, January 2004. – P. 1-8.

3. Cognitive Architecture and Instructional Design // Educational Psychology Review. – Vol. 10. – № 3, September 1998. – P. 251-296.

4. Никифоров, Г.С. Самоконтроль как механизм надежности человека-оператора. – Л.: 1977. – 192 с.

5. Забродин, Ю.М. Методологические проблемы функционального состояния человека-оператора // Вопросы кибернетики. Психические состояния и эффективность деятельности. – М.: 1983. – С. 3-25.

УДК 004.514.62
Шитиков А.В.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.

УСТРОЙСТВА МОНИТОРИНГА БИОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА ЭВМ

Работа за компьютером задействует ряд естественных процессов организма. В ходе решения задачи пользователь обращается к собственной памяти и размышляет (когнитивные процессы), смотрит на экран (визуальный процесс), нажимает клавиши клавиатуры и перемещает по экрану указатель каким-либо устройством-манипулятором (моторные процессы). Соответственно, испытываемые в ходе работы нагрузки делятся на когнитивные, визуальные и моторные. Определение величин нагрузки при работе с конкретным программным обеспечением позволяет определить «узкие места» в эффективности человеко-машинного интерфейса и, как следствие, сформировать набор предложений по его улучшению.

Критерии, которые имеет смысл учитывать при анализе технологий получения информации о физическом состоянии пользователя и соответствующих серийно выпускаемых устройств, можно сформулировать следующим образом:

Удобство эксплуатации: устройство не должно создавать для пользователя дополнительных сложностей и существенно влиять на эффективность его рабочего процесса.

Поддержка информационного обмена: желательно, чтобы устройство позволяло автоматическое считывание данных – в режиме реального времени либо усредненные характеристики за заданный период времени; с учетом необходимости обработки поступающих данных, целесообразен выбор устройств, предоставляющих исходные коды программ считывания информации или хотя бы открытый API доступа к устройству.

К числу параметров организма, измеряемых доступными на рынке устройствами, можно отнести следующие категории:

- электрическая проводимость кожи;
- ритмы электроэнцефалограммы;
- сердечный ритм;
- кинематическая активность.

Электрическая проводимость кожи варьируется в зависимости от ее влажности, которая в свою очередь обеспечивается потовыми железами, контролируемыми симпатической нервной системой [1]. По этой причине электропроводность часто используется как показатель психологического или физиологического возбуждения. Болезненные стимулы (например, досада) вызывают симпатический отклик, приводящий к увеличению секреции потовых желез. Хотя это увеличение обычно очень незначительное, пот обладает электролитическими свойствами, вследствие чего увеличивается электрическая проводимость кожи. Эта особенность широко используется в психологических исследованиях, благодаря дешевизне и сравнительно высокой эффективности, в тех задачах, где не требуется отклик в реальном масштабе времени (задержка между воздействием и изменением электропроводности кожи составляет от 1 до 3 секунд). Однако внешние факторы, такие как температура и влажность, заметно влияют на результаты измерений, ухудшая согласованность результатов. Аналогичным образом обстоит дело с внутренними факторами, такими как воздействие принятых медикаментов. Отклик на одни и те же уровни воздействия может существенно различаться. По этой причине изменения электропроводности кожи обычно используются совместно с регистрацией других показателей, таких как сердечный ритм, частота дыхательных движений, кровяное давление.

Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) отображает колебательные электрические процессы, которые регистрируются при помощи электроэнцефалографа при размещении его электродов на поверхности скальпа, и представляет собой результат электрической суммации и фильтрации элементарных процессов в нейронах [2]. Для выделения на ЭЭГ значимых признаков ее подвергают анализу. Основными понятиями, на которые опирается характеристика ЭЭГ, являются: средняя частота колебаний, их максимальная амплитуда и фаза, а также различия кривых ЭЭГ на разных каналах и их временная динамика.

Частота является одной из основных характеристик ЭЭГ. Для упрощения восприятия оператором при визуальном анализе ЭЭГ была принята классификация частот по некоторым основным диапазонам, которым присвоены названия букв греческого алфавита (α – 8-13 Гц, β – 14-40 Гц, θ – 4-8 Гц, δ – 0,5-3 Гц, γ – выше 40 Гц, и др.). В зависимости от частотного диапазона, но также и от амплитуды, формы волны, топографии и типа реакции, различают ритмы ЭЭГ, которые также обозначают греческими буквами (альфа-ритм, бета-ритм, гамма-ритм, дельта-ритм, тета-ритм, каппа-ритм, мю-ритм, сигма-ритм и др.) Считается, что каждый такой «ритм» соответствует некоторому определенному состоянию мозга и связан с определенными церебральными механизмами. Соответственно соотношения ритмов в мозговой активности позволяют судить об эмоциональном состоянии пользователя и, в какой-то степени, о ходе когнитивных процессов.

Частота пульса – величина, отражающая число колебаний стенок артерии за единицу времени.

При физической нагрузке, изменении эмоционального состояния частота пульса увеличивается, т. к. организм стандартно реагирует на требование органам и тканям повышенного кровоснабжения увеличением сердечных сокращений.

В результате проведенного информационного поиска были рассмотрены следующие устройства мониторинга активности пользователя.

1. *Устройства GoWear/SenseWear фирмы BodyMedia* измеряют температура и электропроводность кожи, а также регистрируется кинематическая активность с помощью встроенного акселерометра.

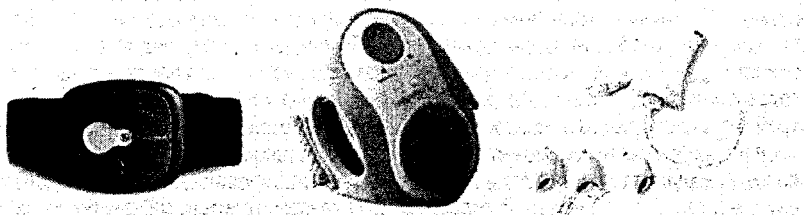


Рисунок 1 – Устройства GoWear, SenceWear и IOM

Стоимость различается от 160$ (GoWear) до 2500$ (SenseWear). Для GoWear, по-видимому, нет комплекта разработчика (SDK) или какого-либо другого способа автоматически получать данные с устройства. SenseWear может поставляться в комплекте с профессиональным ПО, с наценкой в 1000$. Таким образом, данные устройства либо не имеют средств обмена данными, либо отличаются существенной дороговизной.

2. *Устройство IOM фирмы Wild Divine* позволяет измерять электропроводность кожи и сердечный ритм. Стоимость составляет 330$. К числу достоинств устройства можно отнести неинвазивность для пользователя (т. е. на кожу не оказывается никакого воздействия с помощью игл и т. п.). Интерфейс передачи данных является проводным, и, после подписания соглашения о неразглашении коммерческой информации, фирма-

разработчик предоставляет доступ к SDK, что в свою очередь позволяет создавать закрытые программные модули, считывающие в реальном масштабе времени информацию с устройства.

3. *Энцефалограф MindSet фирмы NeuroSky* оснащен единственным датчиком с запатентованной технологией сухого контакта, измеряющим электрическую активность головного мозга. Стоимость устройства составляет 200$. К числу его достоинств можно отнести беспроводное соединение через Bluetooth, а также наличие SDK, позволяющего реализовать обмен данными с собственным приложением. К числу недостатков относится сравнительно большой интервал между измерениями, который составляет 1 секунду.

Помимо MindSet у фирмы NeuroSky существует также устройство MindWave, представляющее собой аналог, отличающийся вдвое меньшей ценой, отсутствием аудиогарнитуры и, как следствие, большей надежностью подключения одного из датчиков (зажим вместо контактной площадки).



Рисунок 2 – Энцефалографы NeuroSky Mindset и Emotiv EPOC

4. *Энцефалограф EPOC фирмы Emotiv Systems* представляет собой более сложный энцефалограф, ориентированный в т. ч. и на исследовательское применение: помимо 16 датчиков электрической активности он обладает также встроенным гироскопом для отслеживания кинематической активности. Стоимость устройства составляет 500$. Соединение с ПК также осуществляется по беспроводному интерфейсу Bluetooth. Данные по большей части обновляются четыре раза в секунду. К числу недостатков необходимо отнести сложность обеспечения контакта датчиков устройства после его закрепления на голове пользователя: процедура подгонки занимает порядка 10 минут, а сами датчики требуют использования жидкостного (гелевого) контакта. Однако компенсацией перечисленных недостатков может служить широкий спектр показателей, автоматически снимаемых устройством. Среди них такие как: детектирование в режиме реального времени морганий, подмигиваний правым/левым глазом, горизонтальных быстрых перемещений взгляда влево/вправо, поднятия бровей, возбуждение (краткосрочное и долгосрочное), увлеченность/скука, медитация, фрустрация, ритмы ЭЭГ и др.

5. *ProComp om Thought Technology* построен по модульному принципу. Для использования требуется блок кодера и датчики. Кодер может быть двухканальным (1700$; позволяет подключить два датчика), 5-канальным (3000$) либо 10-канальным (6000$). Стоимость одного датчика находится в диапазоне 200-300.

Датчики позволяют получать электроэнцефалограмму, электромиограмму, электрокардиограмму, измерять пульс, электропроводность кожи, частоту дыхания, температуру, мышечное усилие и др. Таким образом, минимальная конфигурация устройства с датчиком температуры и электропроводности кожи обойдется в 2300$. Устройство обеспечивает обмен данными в режиме реального времени, при покупке аппаратного обеспечения предоставляется SDK и API.

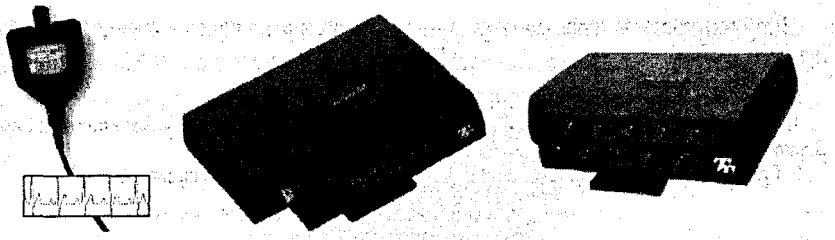


Рисунок 3 – ProComp от Thought Technology

6. Стоимость *GSR/Temp2 от Thought Technology* – 160$ и, таким образом, он является более доступным по цене устройством. К нему существует стороннее ПО, разработанное фирмой Beyound VR и доступное к приобретению за 75$. Устройство оснащено датчиком температуры и электропроводности кожи.

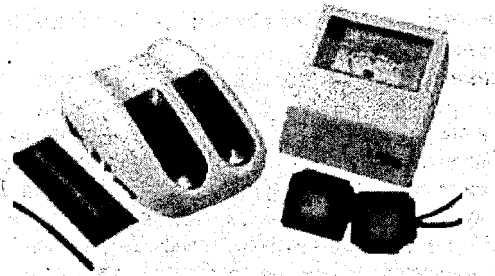


Рисунок 4 – GSR/Temp2 от Thought Technology

7. *Пульсометры или мониторы сердечного ритма* (частоты сердечных сокращений, ЧСС) – устройства персонального мониторинга частоты сокращений сердца в реальном времени и/или записи его для последующего исследования. Широко используются в тренировках и соревнованиях любителями и спортсменами циклических видов спорта, таких как беговые виды легкой атлетики, лыжные гонки, велоспорт, плавание. Соответственно, рынок насыщен устройствами различных производителей, обладающими схожим функционалом и имеющими цену менее 100$. Эти устройства обычно состоят из двух элементов: нагрудного ремня-датчика и приемника на запястье или мобильного телефона. Для получения хорошего контакта электроды датчика смачиваются водой или специальным гелем. Более продвинутые модели пульсометров предлагают измерение среднего и максимального пульса, интенсивности и частоты дыхания для оценки параметров, связанных с фитнес-тренировкой, память круговых тренировок. По способу измерения датчики делятся на следующие категории:

- Нагрудный датчик – самый точный способ определения пульса. Крепится на груди с помощью специального ремня, имеет автономный источник питания, запускаемый при появлении пульса. Обычно передает сигнал на расстояние до 70 см в наручные часы-приемник.

- Пульсометры без нагрудного датчика в настоящее время позволяют определить пульс, коснувшись двух электродов на корпусе пульсометра в течение нескольких секунд. Данные приборы популярны из-за удобства и простоты использования, хотя и не дают такой же высокой точности, как пульсометры, которые используют нагрудный датчик.

- Датчик пульсации крови одевается на мочку уха или на палец и определяет пульс по пульсации крови в тканях.

Список цитированных источников

1. Martini, F. Essentials of Anatomy & Physiology / F. Martini, E. Bartholomew. – San Francisco: Benjamin Cummings, 2003. – P. 267

2. Гусельников, В.И. Электрофизиология головного мозга. – М: Высшая школа, 1976.

УДК 538.9:546.87:537.63

Якимович К.С.

Научный руководитель: доцент Пинчук А.И.

МИКРОИНДЕНТИРОВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ СУРЬМЫ В УСЛОВИЯХ ПРИЛОЖЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Введение. В последнее десятилетие активно ведутся исследования по магнитопластичности диамагнитных материалов [1].

Инструментальные эффекты, возникающие при подведении магнитного поля (МП) к образцу, могут быть разделены на две группы: искажение магнитного потока ферромагнитными деталями оборудования и действие сил максвелловских напряжений. Последние приводят к дополнительному механическому давлению на индентор в условиях градиента МП на верхнем срезе зазора сердечника электромагнита. В этой области линии МП выпуклы наружу. В результате возникает сила, вектор которой направлен в область более сильного МП, т.е. в область зазора сердечника электромагнита. Появляется дополнительная по отношению к силе тяжести грузов, расположенных на штоке микротвердомера, сила. удельная величина которой может быть найдена по формуле:

$$f = -\frac{1}{2}\frac{\mu - 1}{\mu\mu_0}\frac{\partial B^2}{\partial z},$$

где μ – коэффициент магнитной проницаемости деталей нагрузочного узла, z – координата на оси, перпендикулярной индентируемой поверхности образца. С целью устранения этих инструментальных эффектов, все детали установки и нагрузочного узла микротвердомера (грузы, оправка алмазной пирамидки и др.) изготовлялись из диамагнитных металлов. С целью избежания искажений МП стальным предметным столиком микротвердомера (в данном случае происходит своего рода эффект магнитной «экранировки»), образец и нижний срез сердечника электромагнита располагались на достаточно большой высоте от столика (10-15 см).

Целью исследований было выявление формы отпечатков алмазного индентора на плоскости спайности (111) кристаллов сурьмы при воздействии на образцы постоянного МП.

Форма отпечатков индентора. Приложение постоянного магнитного поля к кристаллам типа висмута (сурьма), интенсифицирует процесс пластической деформации, в пользу чего свидетельствует увеличение средней длины отпечатка индентора в МП. Форма отпечатков алмазного индентора, которая в отсутствии магнитного поля является прямоугольной (рис. 1), в МП становится выпуклой (округлой) (рис. 2).

Выпуклые стороны отпечатков алмазной пирамиды с квадратным основанием свидетельствуют в пользу активности навальных плоскостей скольжения, по которым происходит смещение материала вверх. Возникновение навалов выдавленного материала,

его максимальное вспучивание вблизи центра диагонали отпечатка и приводят к выпуклой форме отпечатков. В противном случае, стороны отпечатков являются вогнутыми [2].

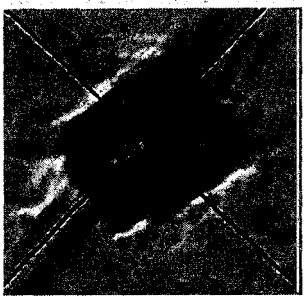


Рисунок 1 – Типичная форма отпечатка алмазного индентора на плоскости спайности (111) кристаллов сурьмы без воздействия постоянного магнитного поля



Рисунок 2 – Типичная форма отпечатка алмазного индентора плоскости спайности (111) кристаллов сурьмы в присутствии постоянного магнитного поля

Выводы. При приложении постоянного магнитного поля имеет место интенсификация скольжения в кристаллах сурьмы по навальным плоскостям, по которым материал движется к поверхности кристалла

Список цитированных источников

1. Пинчук, А.И. Магнитопластический эффект в случае двойникования кристаллов висмута под воздействием сосредоточенной нагрузки / А.И. Пинчук, С.Д. Шаврей // Физика твердого тела. – 2001. – Т.43, вып. 1. – С.39–41.

2. Боярская, Ю.С. Физика процессов микроиндентирования / Ю.С. Боярская, Д.З. Грабко, М.С. Кац. – Кишинев: Штиинца, 1986. – 279 с.

ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

УДК 621.43.068.4
Белобородов А.Н., Есавкин А.Э.
Научный руководитель: ст. преподаватель Есавкин В.И.

ГАЗИФИЦИРОВАННЫЙ БЕНЗИН (БЕНЗОГАЗ). ЕГО ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ

Известно, что ДВС требует для своей работы подготовленной горючей смеси, представляющей собой рабочее тело, в идеальном случае состоящее из молекул углеводородов и воздуха в газовой фазе в требуемом соотношении. Основные задачи, решаемые при смесеобразовании: точное дозирование топлива, соответствующее расходу воздуха и необходимому соотношению их в смеси для требуемого режима работы двигателя; перевод топлива (в идеале) жидкого бензина в газообразное состояние; смешивание в газовой фазе бензина и воздуха на молекулярном уровне. В настоящее время в современных двигателях, в основном, используют способ карбюрации или распыления бензина различными механическими или электромеханическими форсунками. Однако эти способы не позволяют проводить хорошую гомогенизацию, а о полном испарении не может быть и речи на всех режимах работы двигателя.

Общеизвестно, что тяжелыми как в плане экологичности, так и по расходу бензина являются его пуск и прогрев.

Низкие температуры цикла и стенок двигателя, ослабленная мощность искры, повышенные утечки из цилиндров, низкие давления сжатия, ничтожные скорости газового потока с ослабленным вихрем и турбулентностью не способствуют испарению и смешиванию компонентов. Все это вызывает трудности пуска и прогрева двигателя. Особенно трудны условия пуска при отрицательных температурах, когда, помимо резко ослабленного испарения топлива, велик момент сопротивления вращению двигателя. По этой причине режимы пуска и прогрева (ПП), холостых ходов и малых нагрузок (ХХ) сложны, неэффективны.

В настоящее время для улучшения экологических показателей отработанных газов двигателя внутреннего сгорания (ДВС) на всех режимах его работы ведутся разработки по таким основным направлениям в создании устройств, улучшающих гомогенизацию топливно-воздушной смеси: устройства для предварительного нагревания топлива; устройства для нагревания воздуха или всей топливно-воздушной смеси; устройства для подачи паров бензина в рабочие цилиндры.

Широко известны устройства для гомогенизации топливовоздушной смеси в двигателях внутреннего сгорания, в которых для гомогенизации используют разнообразные электронагревательные устройства, устанавливаемые по движению топливно-воздушной смеси, например устройство [1], представляющее собой электронагревательную пластину, устанавливаемую на пути движения топливно-воздушной смеси, а также устройство [2] – система питания двигателя внутреннего сгорания, где для испарения легких фракций бензина установлены электронагревательные пластины в поддоне карбюратора, или устройство [3], представляющее собой электронагревательный элемент и установленный на нем радиатор.

Кроме того, прослеживается тенденция к использованию динамических завихрителей, где их лопасти, увеличивающие завихрения и, следовательно, гомогенизацию, приводятся в движение, например, электромотором [4], [5].

Достоинством гомогенизирующих устройств, хорошо перемешивающих топливно-воздушную смесь, является то, что они допускают работу бензиновых двигателей внутреннего сгорания на глубокообедненных смесях.

Кроме того, теоретические и экспериментальные работы Ю.Б. Свиридова и его школы позволили по-новому подойти к пофракционному испарению бензина. Обнаружено но-

вое физическое явление – "молекулярное кипение" ("С-процесс" – процесс Свиридова), объясняющее процесс гомогенного смесеобразования на молекулярном уровне, который происходит предельно быстро (менее 5 мс) с получением газовой горючей смеси, названной автором " бензогаз" [6].

Следует отметить, что в предлагаемых устройствах нагрев выполняется в основном электронагревателями с оммическим сопротивлением (используются ТЭНы). В настоящее время широкое применение для различных текучих сред и других материалов получили индукционные нагревательные устройства (ИНы).

Основные достоинства индукционных нагревателей следующие: энергозатраты в два раза меньше, чем для электрических нагревателей с оммическим сопротивлением (ТЭНов); возможно использование источников питания с пониженным рабочим напряжением 12-36 вольт; нет опасности получения ожога при работающем устройстве (пример – ИН имеют холодную рабочую поверхность при работе); долговечность устройств; высокий КПД (0,9-0,98), а для ТЭНов КПД 0,5-0,65.

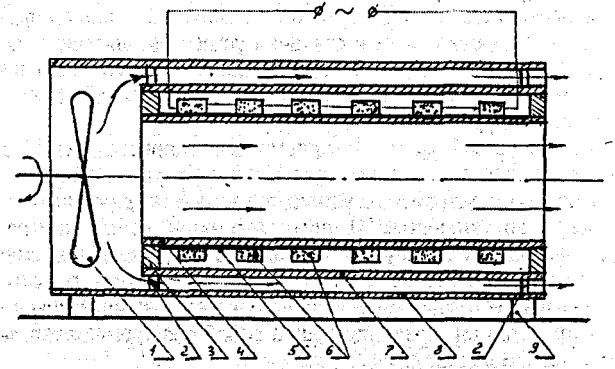
Большинство существующих ИНов работают на токах повышенной частоты от 200 гц до 100 Кгц. Без применения дополнительного оборудования здесь не обойтись – требуются преобразователи частоты переменного тока с 50 гц, что является недостатком устройств.

Проведенный патентный поиск позволил определить основные направления по разработке низкочастотных НИНов, работающих от сети переменного тока с промышленной частотой 50 гц. НИНы по форме сердечника (магнитопровода) можно подразделить на два вида:

- с трубчатым сердечником;
- с О-образным или Ш-образным или другим.

Трубчатые НИНы по патентам и авторским свидетельствам [8], [9], [10], [11], [12].

Конструктивное исполнение одного из них представлено на рис.1 по [8].



1 – вентилятор; 2 – изолирующие фиксаторы; 3 – втулки; 4 – внутренняя труба; 5 – термостойкая электроизоляция; 6 – индуктирующие обмотки; 7 – наружная труба; 8 – кожух

Рисунок 1 – НИН с трубчатым сердечником

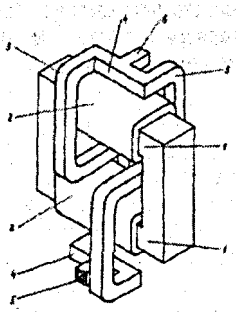
Такие нагреватели могут быть использованы для обогрева помещений, где теплоносителем является жидкость или воздух, а также возможно использовать как испаритель топлива для газификаторов автомобилей.

С О-образным и Ш-образным сердечником – работают как трансформаторы, у которых первичная обмотка подключена к источнику переменного тока, а вторичная элек-

тропроводящая обмотка индуктивно связана с первичной через сердечник. Вторичная обмотка является теплообменником и выполняется из трубы с теплоносителем. Конструктивное исполнение представлено по патентам [13], [14], [15], [16], [17].

Один из вариантов представлен на рисунке 2 по патенту [16].

Нагреватель работает следующим образом. При включении первичной обмотки 2 в сеть переменного тока в ферромагнитном сердечнике создается переменный магнитный поток, с которым индуктивно связан замкнутый контур, образованный трубчатым элементом 3. В нем индуктируются вихревые токи, вызывающие нагрев поверхности трубчатого элемента 3 и жидкости, находящейся в нем.



1 – стержень сердечника; 2 – катушки первичной обмотки; 3 – трубчатые элементы в виде S-образных витков; 4 – коллекторы; 5 – патрубок входа текучей среды; 6 – патрубок выхода текучей среды

Рисунок 2 – НИН с О-образным сердечником

Для проведения экспериментальных исследований был изготовлен опытный образец НИНа, имеющий нагревательный трубчатый элемент упрощенной конструкции (ноу-хау) см. рис. 3.

Исследования на опытном образце НИНа позволили определить оптимальные значения тока, напряжения и мощности при конструировании. При работе НИНа одновременно был проведен сравнительный анализ с работой ТЭНа (см. рис. 4).

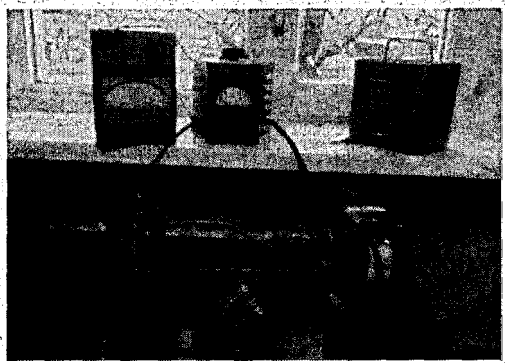


Рисунок3 – Опытный образец НИНа

Установлено, что нагрев теплоносителя НИНом начинается при напряжениях 10-12 В. медленный и при 30-100 В. – интенсивный, а энергозатраты возрастают незначительно от 10 до 75 Вт. В то время энергозатраты для ТЭНа составляют 110 вт. при напряжении 100 В., а сила тока увеличивается на 47%. При напряжениях больше 100 В. идет очень

интенсивный нагрев теплоносителя и энергозатраты увеличиваются в большей степени для ТЭНа. Выполняя нагрев теплоносителя НИНом при пониженном напряжении, время нагрева теплоносителя увеличивается незначительно, да и для НИН это не весьма важно. При работе НИНа на низком напряжении повышается его надежность, долговечность, безопасность обслуживания, снижаются энергозатраты. Кроме того, регулировка напряжения в первичной обмотке позволяет настраивать автоматически НИН на заданный режим работы в зависимости от температуры окружающей среды, а для испарителя газификаторов возможно обеспечить заданный режим в зависимости от марки топлива – бензина или дизельного топлива. Основное преимущество работы НИНов при нагреве различных марок топлива – безопасность при нагреве. Так, если при нагреве ТЭНом возможен пробой его изоляции или корпуса топливо моментально воспламеняется, возможен взрыв, при работе НИНом этого не произойдет.

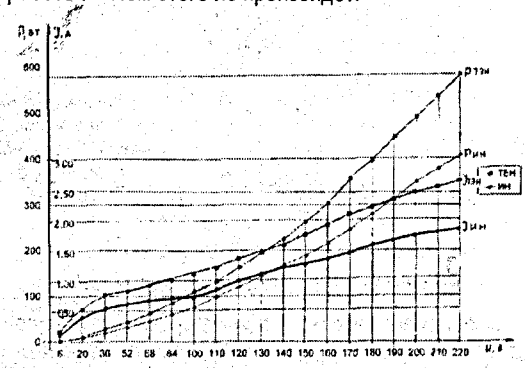


Рисунок 4 – График зависимости силы тока и мощности от напряжения источника питания для опытного образца НИНа и ТЭНа

Список цитированных источников

1. Электронагревательное устройство подогрева топливовоздушной смеси: а.с. № 449168, МПК F 02 M 27/08.
2. Электронагревательное устройство подогрева топливовоздушной смеси: а.с. № 1702876, МПК F 02 M 31/12.
3. Электронагревательное устройство подогрева топливовоздушной смеси: а.с. № 1764522, МПК F 02 M 31/16.
4. Динамический завихритель топливовоздушной смеси: а.с. № 1772391 МПК F 02 M 29/02.
5. Динамический завихритель топливовоздушной смеси: а.с. № 1806284 МПК F 02 M 17/17.
6. Свиридов, Ю.Б. Новый способ высокоэффективного топливоотвода к текущим жидким пленкам многофракционного состава (моторным топливам) / Ю.Б. Свиридов, Л.Ю. Дроздовская // Двигателестроение, 1987. – № 10(106). – С.37.
7. Изобретатель и рационализатор. – 1985. – № 5. – С.29.
8. Бытовой электронагревательный прибор: патент РФ № 2037276, МПК Н 05 В 6/10, 1995.
9. Индукционный нагреватель жидкости: патент РФ № 2002383, МПК Н 05 В 6/10.
10. Индукционный нагреватель жидкости: патент РФ № 2002384, МПК Н 05 В 6/10.
11. Индукционный нагреватель жидкости: ас. СССР № 1811038, МПК Н 05 В 6/10.
12. Трехфазный индукционный нагреватель текучей среды: ас. СССР № 1781845, МПК Н 05 В 6/10, 1992.
13. Индукционный нагреватель жидкости: заявка Франции №2565059 МПК Н 05 В 6/10.
14. Индукционный нагреватель жидкости: патент США №4602140 МПК Н 05 В 6/10, 1986
15. . Индукционный нагреватель жидкости: патент РФ №2074529 МПК Н 05 В 6/10, 1995.
16. Индукционный нагреватель текучих сред: патент РФ №2138137 МПК Н 05 В 6/10, 1999.
17. Индукционный нагреватель текучих сред: патент РФ №2031551 МПК Н 05 В 6/10, 1995.

УДК 621.9.06
Вовна М. С.
Научный руководитель: ст. преподаватель Мирошниченко И.А.

МЕТОДИКА ХОЛОДНОГО НАКАТЫВАНИЯ МЕЛКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС, ШЛИЦОВ. ПРЕИМУЩЕСТВА НАКАТКИ ПЕРЕД НАРЕЗАНИЕМ

Введение

Цель работы – разработка научно обоснованных основ проектирования процессов объемного формообразования накатыванием, разработка и внедрение на этой основе технологий получения данных профилей, обеспечивающих уменьшение трудоемкости, материалоемкости и улучшение качества изделий машиностроения.

Процессы формирования внутренних периодических профилей резанием являются трудоемкими и малопроизводительными. Трудоемкость их изготовления составляет 70-80% общей трудоемкости обработки детали. Низкая производительность оборудования требует значительного парка станков и больших производственных площадей.

Для решения важнейших задач экономического развития страны, необходимо совершенствование трудоемких производственных процессов, у которых низкая производительность труда, высокая себестоимость изделия, велики затраты материалов. К таким процессам относятся технологии формирования внутренних зубчатых и других периодических профилей.

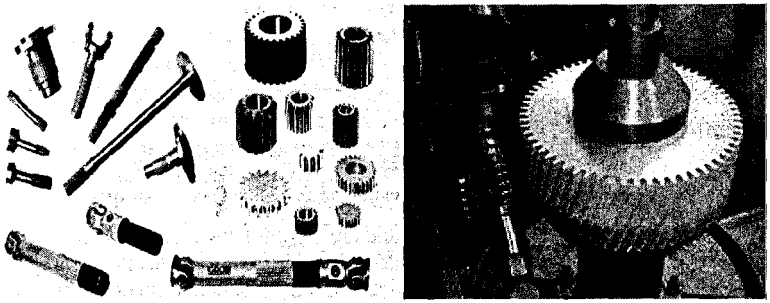


Рисунок 1 – Продукция холодного накатывания

Преимущества холодного накатывания

Внедрение технологий обеспечивает увеличение производительности труда в 1,7–2,5 раза, повышение прочности зубчатых венцов в 1,5–2,0 раза; снижение уровня шумов на 20-30%.

Главным преимуществом холодного накатывания перед нарезанием является то, что при накатке не повреждается структура металла, тем самым увеличивается прочность и износостойкость деталей.

Новая технология имеет широкое прикладное значение и может применяться при производстве машин для обработки пищевых продуктов, льноуборочных, хлопкоуборочных, текстильных и бытовых машин, насосов, электромоторов, часовых механизмов, деталей космических аппаратов и других.

Холодное формообразование рабочих элементов позволяет отказаться от использования нагревательного оборудования, исключить энергетические затраты на нагрев, не учитывать влияние структурных изменений материала заготовки и температурные изменения размеров инструмента. Но важнейшим преимуществом является возможность по-

лучать более точную геометрию и высокий класс шероховатости без применения финишных операций за счет упрочненного поверхностного слоя. Степень поверхностного упрочнения материала зубчатого колеса, полученного холодным накатыванием, выше, при этом остаточные напряжения в поверхностных слоях зубьев позволяют использовать такие передачи с более высокими нагрузками до 20%. Однако недостатком холодного формообразования является ограничение величины модуля зубчатого колеса. Для компактных материалов эта величина ограничена 1,5 мм при прутковом накатывании.

Сущность процесса холодного накатывания

Общие сведения

Этот метод служит для того, чтобы из круглой металлической заготовки за одну рабочую операцию путем холодного накатывания получать точные шлицевые профили.

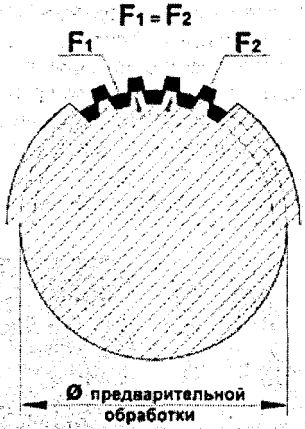


Рисунок 2 – Вытеснение материала в радиальном направлении от ножки зуба к его головке

При этом материал вытесняется в радиальном направлении от основания шлица к его наружной поверхности (рисунок 2). Таким образом, диаметр заготовки всегда меньше, чем наружный диаметр готовой детали. Удлинение детали обычно не наблюдается.

Процесс холодного накатывания

Он заключается в том, что большое число кратковременных воздействий инструмента на деталь приводит к равномерному холодному "течению" материала по периметру и длине детали, в результате чего образуются зубчатые венцы желаемой формы. Этот процесс практически осуществляется следующим образом.

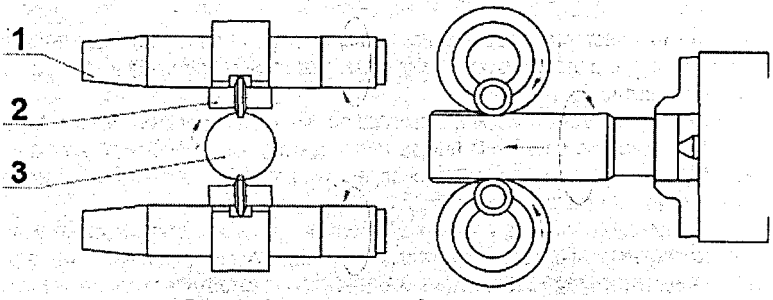


Рисунок 3 – Процесс холодного накатывания

Две накатные головки 1, оснащённые расположенными по их периметру напротив друг друга и планетарно вращающимися навстречу друг другу накатными роликами 2, одновременно, симметрично и в течение очень коротких промежутков времени отдельных процессов холодного накатывания обрабатывают деталь 3, которая вращается вокруг собственной оси. Накатные головки и деталь относительно чисел оборотов связаны между собой таким образом, что каждый новый контакт инструмента с деталью происходит в новой впадине между зубьями. Одновременно осуществляется продольная подача детали, которая обеспечивает равномерное распространение процесса холодного пластического формообразования по всей длине детали. При каждом проходе роликов происходит частичная пластическая деформация, которая представляет собой продольный участок впадины между зубьями, соответствующий величине подачи. Благодаря этому деталь подвергается пластической деформации только в краевой зоне, в то время как ее сердцевина остается неизменной.

Технология формообразования сводится к многократному силовому прокатыванию предварительно обработанной после штамповки заготовки между парой роликов. После получения соответствующего профиля шлиц по данной технологии, дальнейшая мехобработка и термообработка профиля не производится.

Станки для холодного накатывания

В области холодного формообразования на сегодняшний день наиболее распространены станки швейцарской фирмы ERNST GROB AG.

ERNST GROB AG – станкостроительная фирма, успешно работает на рынке станкостроения и имеет большой опыт в разработке и поставке станков для холодного накатывания и принадлежностей к ним.

Главной областью применения станков для холодного накатывания фирмы ERNST GROB AG является автомобилестроение с самыми разнообразными деталями зубчатых зацеплений, которые служат для передачи вращающих моментов.

Благодаря высоким рабочим скоростям и простым недорогим инструментам (накатные ролики) гарантируется высокая экономичность производства деталей. Гибкость настройки станков с компьютерным управлением позволяет изготавливать детали в реальном масштабе времени, и легко встраивать станки в технологические системы за счет наличия хорошо отработанных концепций автоматизации.

Применение технологии холодного накатывания шлицов на установке швейцарской фирмы «GROB» имеет целью получение высокого класса чистоты поверхности, точности профиля и твёрдости рабочих поверхностей шлицев.

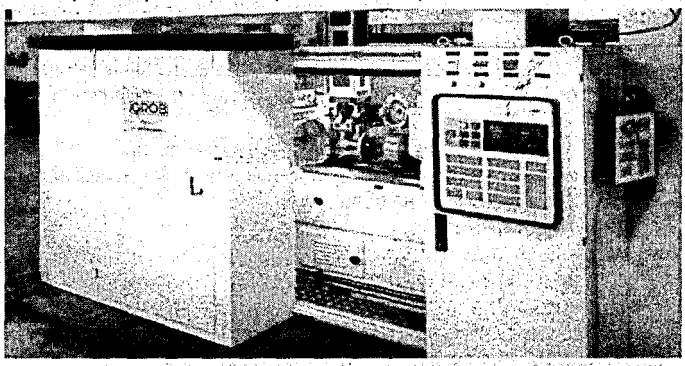


Рисунок 4 – установка швейцарской фирмы «ERNST GROB»

Моделирование холодного накатывания зубчатых колес

В настоящее время повышение эффективности производства невозможно без развития современных методов чистовой обработки. В области зубонарезания таким методом является профильное накатывание зубьев, так как оно обладает существенными преимуществами перед шевингованием: оно в несколько раз более производительно, обеспечивает большую износостойкость и прочность зубьев и увеличивает коэффициент использования материала.

Существует три схемы накатывания, различающиеся взаимным расположением и перемещением заготовки и формообразующего инструмента:

- накатывание с радиальной подачей накатных роликов (штучное накатывание);
- накатывание с аксиальной (осевой) подачей накатных роликов (прутковое накатывание);
- накатывание с тангенциальной подачей формообразующего инструмента (накатывание плоскими плашками).

Выбор наиболее рациональной схемы холодного накатывания

В промышленности применяются три основные схемы холодного профильного накатывания:

- одним накатником с поперечным движением подачи по методу «Монорол»;
- двумя накатниками с поперечным движение подачи по методу Форда;
- тремя накатниками с продольным движением подачи.

Для обработки мелкомодульных зубчатых венцов применяется профильное накатывание двумя профильными роликами.

Две симметрично расположенные накатные головки, оснащены свободно вращающимися роликами. Сочетание планетарного вращения роликов и вращения заготовки обеспечивает кратковременный контакт роликов с заготовкой. Соотношение движений подбирается таким образом, чтобы каждый новый контакт инструмента с деталью происходил в новой впадине между зубьями. Продольная подача заготовки обеспечивает равномерное распространение процесса холодного пластического формообразования по всей длине заготовки. При каждом проходе роликов происходит частичная пластическая деформация, которая представляет собой продольный участок впадины между зубьями, соответствующий величине подачи. Благодаря этому деталь подвергается пластической деформации только в краевой зоне, в то время как ее сердцевина остается неизменной. Формирование профиля зубчатого венца происходит при многократном силовом воздействии пары роликов на предварительно обточенную заготовку.

При профильном черновом накатывании холодное пластическое деформирование большого объема металла впадины приведет к значительным силам деформирования. Применение горячего пластического деформирования не обеспечит требуемой точности зубчатого венца.

Поэтому холодное профильное накатывание среднемодульных зубчатых венцов применяется как чистовая обработка венцов, предварительно полученных фрезерованием или долблением.

Для накатывания тремя накатниками типично обжатие детали, что дает возможность работать с большей скоростью деформаций, большими применяемыми силами и, следовательно, с меньшим временем на обработку.

Холодное накатывание в Беларуси

Одним из крупнейших предприятий, использующих производство деталей методами холодного формообразования, является ОАО "Белкард", расположенный в городе Гродно.

ОАО "Белкард" сегодня – это предприятие, оснащённое высокопроизводительным металлообрабатывающим оборудованием, в т.ч. станками-полуавтоматами, агрегатами и специальным оборудованием и автоматическими линиями.

При производстве карданных валов на Гродненском ОАО «Белкард» применяется ряд высоких и уникальных технологий:

- технология нанесения антифрикционного полимерного покрытия на шлицевое соединение;
- технология холодного формообразования шлиц методом пластического деформирования;
- технология закалки крестовин карданных валов токами высокой частоты;
- технология получения трубы телескопической защиты методом ротационного пластического деформирования.

Номенклатура выпускаемой продукции и её характеристики

ОАО «Белкард» оснащено высокопроизводительным металлообрабатывающим и кузнечно-прессовым оборудованием: автоматическими линиями, станками-полуавтоматами, специальными приспособлениями и инструментом.

ОАО «Белкард» тесно сотрудничает и с другими машиностроительными предприятиями. Это ОАО "ВИСТАН" г. Витебск, Минский станкостроительный завод «МЗОР», ОАО "СтанкоГомель", «Молодечненский станкостроительный завод», Барановичский станкостроительный завод, ОАО Станкозавод "Красный борец" и многие другие как в Республике Беларусь, так и за рубежом. Эти предприятия изготавливают для ОАО «Белкард» станки и станочное оборудование: Станок Ф-32Г, Станок 16ВТ20П, Станок МС9В731-1, Станок ГС 526У, Станок ХШ1-140Ф2н1.

В настоящее время завод серийно выпускает свыше 600 наименований карданных передач и валов. В том числе:

- к автомобилям МАЗ, МАЗ-MAN, БелАЗ, КамАЗ, УралАЗ, КрАЗ, ЗИЛ, КАЗ, ГАЗ, УАЗ;
- для автобусов ЛАЗ, ЛиАЗ, «Икарус», ПАЗ, РАФ, МАЗ, ГАЗ, КАВЗ, «Волжанин»;
- для тракторов Минского, Павлодарского, Волгоградского, Алтайского, Онежского, Санкт-Петербургского, Чебоксарского тракторных заводов;
- для автомобильных кранов, автогрейдеров, экскаваторов, скреперов и самосвалов МоАЗ;
- для трамваев, троллейбусов, железнодорожных пассажирских вагонов;
- для сельскохозяйственных машин;
- для легковых автомобилей ГАЗ, ВАЗ, GM-АвтоВАЗ, KIA «Sportage»;
- для автомобилей топливозаправщиков и автопогрузчиков;
- карданные валы и шарниры к изделиям Амкодор.

Заключение

Холодное профильное накатывание с продольным движением подачи обеспечивает большую точность обработки по сравнению с накатыванием с поперечным движением подачи.

Накатывание тремя накатниками обеспечивает большую производительность обработки, чем накатывание одни или двумя накатниками.

Также при холодном формообразовании мы получаем упрочненный поверхностный слой, что позволяет использовать такие передачи с более высокими нагрузками. При накатывании повышается износостойкость и прочность деталей и увеличивается коэффициент использования материала.

И немаловажно то, что при использовании холодного накатывания повышается экономическая эффективность производства.

В Республике Беларусь также ведется модернизация производства, пример тому ОАО «Белкард».

ОАО «Белкард» оснащено высокопроизводительным металлообрабатывающим и кузнечно-прессовым оборудованием: автоматическими линиями, станками-полуавтоматами, специальными приспособлениями и инструментом.

Список цитированных источников

1. Буянов, А.С. Выбор наиболее рациональной схемы холодного профильного накатывания зубьев / А.С. Буянов, В.М. Виноградов, А.А. Черепахин // Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров: материалы Международной научно-технической конференции ААИ. – МГТУ «МАМИ».
2. Научная библиотека диссертаций и авторефератов disserCat. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.dissercat.com/content/kholodnoe-nakatyvanie-zubchatykh-i-shlitsevykh-profilei-vnutrennego-zatsepleniya-na-spechenn#ixzz2OBKbtHrT.
3. Кривко, М.С. Моделирование холодного штучного накатывания зубчатых колес / М.С. Кривко. – Краснодар: КубГТУ.
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://technologysmash.ru/articles/obrabotka-shlitsevyih-poverhnostej/metodyi-obrabotki-elementov-shlitsevyih-valov-i-vtulok.

УДК 539.3

Вовна М.С., Рапинчук Э.С.

Научный руководитель: ассистент Гарбачевский В.В.

МОДУЛЬ VB ДЛЯ РАСЧЕТА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОФИЛЯ И НАПРЯЖЕНИЙ В СЕЧЕНИИ ПРИ ВНЕЦЕНТРЕННОМ РАСТЯЖЕНИИ-СЖАТИИ

Введение

В инженерной практике часто требуется рассчитывать геометрические характеристики сечений различной формы и проверять их на прочность при внецентренном растяжении-сжатии.

Для простых сечений это легко можно сделать аналитическим путем, а для сложных или составных объем вычислений значительно возрастает и требует применения специальных методов, что усложняет расчет.

Для этих целей была создана прикладная программа, написанная на языке VB. Данная программа позволяет рассчитывать приблизительные значения геометрических характеристик профилей различного типа и напряжений в сечении при внецентренном растяжении-сжатии. Особенностью данной программы является импорт геометрии сечения из CAD систем. Импорт производится при помощи специального формата IGES (.IGS) – Initial Graphics Exchange, являющегося стандартным форматом обмена данными между различными САПР.

Описание расширения формата IGES

При помощи формата IGES из CAD можно передавать модели круговых диаграмм, каркасов моделей, поверхностей любой формы или представления сплошных моделей.

Открыть файлы .IGS можно большинством программ параметрического проектирования, например Solidworks, Kompas 3D, AutoCAD, Autodesk 3ds Max, Rhinoceros 3D и т.д.

IGES-файл состоит из 80-символьных ASCII-записей (длина записи произошла из эры перфокарт). Текстовые строки представлены в «Холлерит» формате – число символов в строке, плюс буква «H» и сама строка.

Характеристики и геометрическая информация для каждой сущности поделены между двумя секциями; одна – в формате фиксированной длины (Directory Entry, или DE секция), другая в составной записи, с фиксированной точкой (Parameter Data, или PD секция) [1].

Некоторые объекты.

Circular Arc Entity. Дуга окружности. Тип 100.

Круговая дуга является частью круга, у неё есть начальная и конечная точки, не равные друг другу. Система пространственных координат всегда выбирается так, чтобы круговая дуга находилась в плоскости совпадающей или параллельной плоскости XT, YT.

Круговая дуга определяет уникальные конечные точки дуги и центральную точку дуги (центр родительского круга). Полагая, что конечные точки дуги задаются и записываются упорядоченным способом, сначала стартовая точка, потом конечная точка, ориентация дуги относительно заданного пространства может быть явно определена. Конечные точки упорядочены так, что дуга сориентирована против часовой стрелки. Это соглашение служит для того, чтобы отличить требуемую дугу от ее дополнительной дуги (дополнительной относительно родительского круга).

Line Entity. Линия. Тип 110, форма 0.

Линия задаётся её конечными точками. Каждая конечная точка задаётся относительно пространства определения тремя координатами. В начале перечисления стоит начальная точка, в конце – конечная.

Composite Curve Entity. Составная кривая. Тип 102.

Составная кривая является непрерывной кривой, которая получается группировкой нескольких отдельных объектов в логический модуль. Составная кривая задаётся как упорядоченный список объектов, состоящих из точки, точки соединения, и параметризованных объектов кривой (исключая Composite Curve Entity). Список объектов дан в записи parameter data. Каждый объект задаётся посредством указателя на directory entry этого объекта. Порядок в списке является тем же самым, что и порядок перечисления указателей [2].

Описание программы

1. Изначально указывается месторасположение файла формата .IGS.
2. Считываются данные из указанного файла.
3. Проводится распознавание объектов, сохраненных в формате .IGS.

Производится выбор только объектов 100 (дуга), 110 (отрезок), 116 (точка). В дальнейшем учитываются только те объекты, которые входят в контур (102 – Составная кривая). В программе Компас 3D для получения контура используется функция «Собрать контур», в программе AutoCAD контуром является полилиния (Polyline).

4. Проводится масштабирование и построение контура в заданной системе координат.
5. Пользователем указывается область, ограниченная контуром. Это необходимо для определения внешнего контура и внутреннего (отверстие).

Очень полезным режимом (отсутствующим в Visual Basic) является режим заливки замкнутых фигур (областей). Для заливки фигур неправильной формы необходимо использовать API-функцию ExtFloodFill() [3].

- FLOODFILLBORDER (0) – функция выполняет заливку области цветом *crColor*. Точка (x, y) должна находиться в пределах закрашиваемой области.
- FLOODFILLSURFACE (1) – параметр *clColor* определяет только цвет обрамления.

Данная процедура задействует возможности графического процессора (видеокарты), что значительно ускоряет процесс.

Дальнейший расчет может вестись двумя методами: методом конечных элементов и графически.

В первом методе область, ограниченная контуром, аппроксимируется простейшими геометрическими фигурами – квадратами, при этом точность зависит от величины конечного элемента.

Данный метод дает хороший результат для более простых фигур и приближенный – для более сложных.

Второй способ, по сути, является частным случаем первого, при котором конечным элементом является пиксель экрана.

6. Далее выполняется расчет одним из данных методов геометрических характеристик фигуры, таких как: площадь (A), статические моменты (S_x,S_y), положение центра тяжести (x_c,y_c), моменты инерции относительно заданных (I_x,I_y) и главных осей(I_u,I_v), центробежные моменты инерции относительно заданных (I_{xy}) и главных осей(I_{uv}), радиусы инерции относительно заданных (i_x,i_y) и главных осей (i_u,i_v) и положение главных осей (α). Они рассчитываются по формулам (1-11) [4]:

$$A=\sum_i A_i; \tag{1}$$

$$Sx=\sum_i A_i \cdot y_i,\ Sy=\sum_i A_i \cdot x_i; \tag{2}$$

$$x_c=\frac{S_y}{A},\ y_c=\frac{S_x}{A}; \tag{4}$$

$$I_{xc}=\sum_i I_{ix}+n_i^2 \cdot A_i,\ I_{yc}=\sum_i I_{iy}+m_i^2 \cdot A_i, \tag{5}$$

где $n_i = y_i - y_c$ – коэффициент перехода по оси y,

$m_i = x_i - x_c$ - коэффициент перехода по оси x;

$$i_x=\sqrt{\frac{I_x}{A}},\ i_y=\sqrt{\frac{I_y}{A}}; \tag{6}$$

$$I_{XcYc}=\sum_i I_{ixy}+m_i \cdot n_i \cdot A_i; \tag{7}$$

$$tg(\alpha)=\frac{2 \cdot I_{XcYc}}{I_{Xc}-I_{Yc}}\quad \alpha=\frac{1}{2}\cdot a\tan(); \tag{8}$$

$$I_u=\frac{I_x+I_y}{2}+\frac{1}{2}\sqrt{(I_x-I_y)^2+4\cdot I_{xy}},\ I_v=\frac{I_x+I_y}{2}-\frac{1}{2}\sqrt{(I_x-I_y)^2+4\cdot I_{xy}}; \tag{9}$$

$$i_u=\sqrt{\frac{I_u}{A}},\ i_v=\sqrt{\frac{I_v}{A}}; \tag{10}$$

$$I_{uv}=\frac{I_x-I_y}{2}\cdot\sin(2\cdot\alpha)+I_{xy}\cdot\cos(2\cdot\alpha)=0. \tag{11}$$

7. Для расчета напряжений при внецентренном растяжении (сжатии) задаются величина и положение силы. После чего и проводится расчет напряжений по сечению при помощи формулы (12):

$$\sigma_i=\frac{F}{A}\cdot\left(1+\frac{y_f \cdot y_i}{i_x^{\,2}}+\frac{x_f \cdot x_i}{i_y^{\,2}}\right) \tag{12}$$

где X_f Y_f – координаты приложения силы относительно главных осей (x,y) [4].

8. Полученное распределение по сечению напряжений отображается в виде цветовых эпюр. При этом возможно два варианта представления палитры эпюры. В первом способе минимальному напряжению соответствует фиолетовый цвет, далее по возрастающей, напряжениям соответствуют синий, голубой, зеленый, желтый, оранжевый и красный. Максимальному значению напряжения соответствует розовый цвет. Во втором способе цвета сопоставляются с напряжениями в зависимости от допускаемых напряжений, заданных пользователем, при этом отрицательным напряжениям соответствуют холодные цвета, положительным напряжениям – теплые цвета, а область, свободная от напряжений раскрашивается белым цветом (позволяет определить положение нулевой линии). При превышении допускаемых значений происходит резкий скачок цветов с синего на фиолетовый и с красного на розовый, что позволяет быстро визуально определить наличие и величину зон разрушения.

Рассмотрим такой случай на примере какого-то произвольного сечения.

Зададим пределы допускаемых напряжений на растяжение $\sigma_p = 70\ MPa$ и на сжатие $\sigma_c = 100\ MPa$. При приложении сжимающей силы с координатами x = 0, y = 0 в заданной системе координат, величиной 40 кН визуально наблюдается расположение нулевой линии, которая отображается белым цветом, а также разрушения на краях сечения, отображенные фиолетовым и розовым цветами.

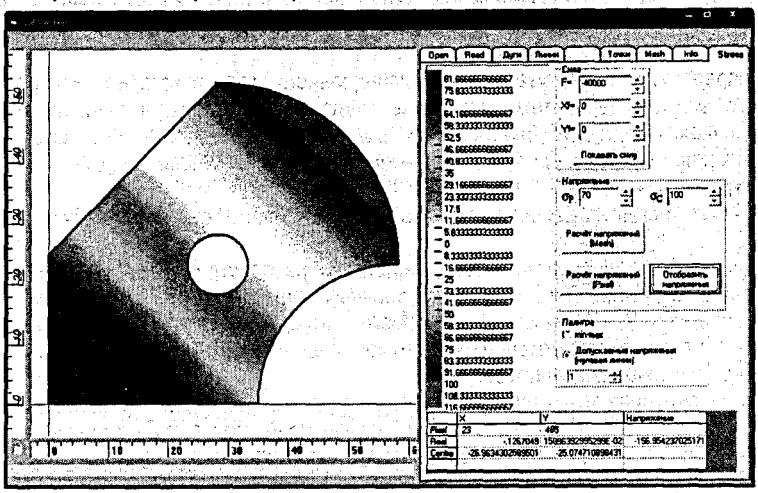


Рисунок 1 – Интерфейс программы

Заключение

В результате выполненной работы была создана прикладная программа, написанная на языке VB. Данная программа позволяет рассчитывать приблизительные значения геометрических характеристик профилей различного типа и напряжений в сечении при внецентренном растяжении-сжатии.

Данный модуль облегчает работу как студента, так и преподавателя.

Разработанный модуль также можно использовать как основу для расчета нормальных и касательных напряжений при прямом и косом изгибах. В ближайшем будущем планируется внесение изменений в программный код, которые позволят нам рассчитывать нормальные и касательные напряжения при прямом и косом изгибах, строить ядро сечения.

Полученный опыт в объектно-ориентированном программировании является очень ценным. При помощи таких проектов студенты могут на практике применять и совершенствовать свои знания в области программирования и механики. Это делает процесс обучения более интересным и разнообразным, а также стимулирует студентов вести научную деятельность.

Список цитированных источников

1. Свободная электронная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/IGES#.D0.9F.D1.80.D0.B8.D0.BC.D0.B5.D1.87.D0.B0.D0.BD.D0.B8.D1.8F
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://unril.wordpress.com/2011/04/01/structure-iges-file/
3. Visual Basic 6. Руководство разработчика: в 2 т.: пер с англ. – К.: Издательская группа BHV, 2000. – Т 2 – 560 с., ил. (Том 2).
4. Писаренко, Г.С. Сопротивление материалов / Г.С. Писаренко [и др.]. – М.: Высшая школа, 1979.

УДК 621.914.33:621.3.012.6
Гордеюк Д.В.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Григорьев В.Ф.

РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШПИНДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ

Шпиндельный узел (ШУ) – важный узел станка, от которого зависит точность обработки, надежность и производительность оборудования. Поэтому к нему предъявляются особые требования.

К определяющим характеристикам шпиндельного узла, от которых непосредственно зависят его качество и технологические возможности, относятся точность, жесткость, нагрузочная способность, быстроходность и надежность. Кроме того, имеются дополнительные характеристики работоспособности шпиндельного узла: динамические и тепловые характеристики.

Для высокоскоростных шпинделей на первый план выходят динамические характеристики.

При динамическом расчете ШУ наибольшее распространение получили метод начальных параметров (МНП) и метод конечных элементов (МКЭ) [1,2]. Целесообразно применять МНП в матричной формулировке (метод переходных матриц). Данный метод позволяет связать параметры переднего конца шпинделя с параметрами заднего через матрицы его сечений и участков.

ШУ рассматривают как линейно деформируемую систему, при этом перемещения точек шпинделя выражают в виде линейной функции сил, приложенных к шпинделю.

Шпиндель рассматривают как ступенчатую балку, точечные опоры которой обладают постоянной угловой и осевой жесткостью.

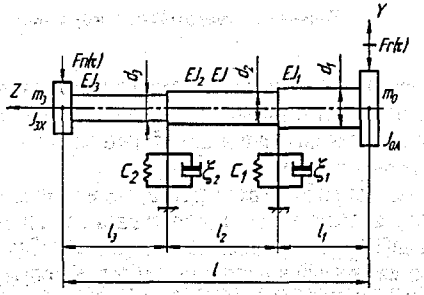


Рисунок 1 – Расчетная схема системы шпиндель-опоры

ШУ разбивают на участки, разграниченные скачкообразным изменением диаметров, сосредоточенной массой, опорами, внешней нагрузкой. Установленные на шпиндель детали (патроны, шкивы и т.д.) представляют в виде сосредоточенных масс.

Рассмотрим обобщенную схему расчета ШУ, изображённую на рис.1. Ступенчатая балка разбита на 3 участка. На концах расположены сосредоточенные массы: патрон – m_0 и шкив ременной передачи – m_3. На передний конец шпинделя действуют силовые возмущения со стороны процесса резания – $F_n(t)$, на задний конец действуют силовые возмущения от привода – $F_R(t)$.

Обозначим параметры сечений: y_k – амплитуда перемещений; φ – угол поворота; M_k – изгибающий момент Q_k – поперечная сила.

Выразим дифференциальное уравнение напряженно-деформированного состояния шпинделя через параметры его сечений:

$$y(x) = y(0)A(x) + \varphi(0)lB(x) + \frac{M(0)l^2}{EJ}C(x) + \frac{Q(0)l^3}{EJ}D(x), \quad (1)$$

где A(x), B(x), C(x), D(x) – функции Крылова [3].

Матрицы параметров на концах шпинделя без учета внешней нагрузки (для случая чистовой обработки):

$$Y_0 = \begin{bmatrix} y_0 \\ \varphi_0 l \\ \frac{M_0 l^2}{EJ} \\ \frac{Q_0 l^3}{EJ} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_0 \\ \varphi_0 l \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad Y_3 = \begin{bmatrix} y_3 \\ \varphi_3 l \\ \frac{M_3 l^2}{EJ} \\ \frac{Q_3 l^3}{EJ} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_3 \\ \varphi_3 l \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Теперь, продвигаясь к левому концу шпинделя, запишем матрицы всех его участков. Для этого удобно использовать каталог переходных матриц.

В нулевом сечении действует сосредоточенная масса и момент инерции оснастки (патрона), амплитудные значения которых равны $m_0\omega^2 y_0$ и $J_{0x}\varphi_0\omega^2$. Матрица сосредоточенной массы:

$$G_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -\delta_0 & 1 & 0 \\ \nu_0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

где $\delta_0 = \frac{J_{0x}\omega^2 l}{EJ}$; $\nu_0 = \frac{m_0\omega^2 l^3}{EJ}$.

На первом участке шпинделя действует распределенная масса $\tilde{m}_1$ и жесткость EJ_1. Матрица распределенной массы:

$$U_1 = \begin{bmatrix} A_1 & \beta_1 B_1 & \frac{\beta_1^2 C_1}{\alpha_1} & \frac{\beta_1^3 D_1}{\alpha_1} \\ \frac{\lambda_1^4 D_1}{\beta_1} & A_1 & \frac{\beta_1 B_1}{\alpha_1} & \frac{\beta_1^2 C_1}{\alpha_1} \\ \frac{\alpha_1\lambda_1^4 C_1}{\beta_1^2} & \frac{\alpha_1\lambda_1^4 D_1}{\beta_1} & A_1 & \beta_1 B_1 \\ \frac{\alpha_1\lambda_1^4 B_1}{\beta_1^3} & \frac{\alpha_1\lambda_1^4 C_1}{\beta_1^2} & \frac{\lambda_1^4 D_1}{\beta_1} & A_1 \end{bmatrix},$$

где $\alpha_1 = \frac{EJ_2}{EJ}$, $\beta_1 = \frac{l_1}{l}$, $\lambda^4 = \frac{\tilde{m}_1 l_1 \omega^2}{EJ_1}$.

В опоре 1 сила изменяется скачком на величину реакции опоры, для которой учтены упругая и диссипативная составляющие, а также могут быть учтены и другие составляющие (гидродинамическая реакция, гироскопический момент и др.). Матрица опоры:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ (-\varepsilon_1 - f_1) & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

где $\varepsilon_1 = c_1 l^3/(EJ)$; $\nu_0 = i\xi_1\omega l^3/(EJ)$;

c_1 и ξ_1 – коэффициенты жесткости и демпфирования опоры.

Продвигаясь от участка к участку, доходим до заднего конца шпинделя, где параметры выражены матрицей Y3. В результате имеем матричное уравнение без учета внешней нагрузки:

$$Y = \Pi Y_0, \quad (2)$$

где П – переходная матрица, для приведенного примера представляет собой произведение:

$$\Pi = G_3 U_3 R_2 U_2 R_1 U_1 G_0, \quad (3)$$

где G_0, G_3 – матрицы сосредоточенных масс,

U_1, U_2, U_3 – матрицы пролетов, R_1, R_2 – матрицы опор с вязким демпфированием.

При учете внешней нагрузки в сечениях 0 и 3 уравнение (2) примет вид:

$$Y_3 = \Pi(Y_0 - S_0) - S_3, \tag{4}$$

где S_0, S_3 – матрицы внешней нагрузки $S_0 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{F_0 l^3}{EJ} \end{bmatrix}$; $S_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{F_3 l^3}{EJ} \end{bmatrix}$.

Определение переходной матрицы П сводится к перемножению матриц всех участков шпинделя. Обычно на концах шпинделя два из четырех параметров в матрицах Y_0 и Y_3 равны нулю, что позволяет сократить время расчетов путем сохранения в переходной матрице лишь части элементов.

Из уравнения (3) могут быть получены передаточные функции:

- W_0 – по воздействию со стороны процесса резания ($S_3 = 0$);
- W_3 – по воздействию со стороны привода ($S_0 = 0$).

При вычислении передаточной функции W_0 из уравнения (4) получаем $Y_3 = \Pi(Y_0 - S_0)$, при записи в развернутом виде:

$$\begin{bmatrix} y_3 \\ \varphi_3 l \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} * & * & * & * \\ * & * & * & * \\ a_{31} & a_{32} & * & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & * & a_{44} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} y_0 \\ \varphi_0 l \\ 0 \\ -\frac{F_0 l^3}{EJ} \end{bmatrix}.$$

В матрице сохраняются только 6 элементов, стоящих на пересечении строк, совпадающих с нулевыми строками матрицы Y_3, и столбцов, совпадающих с ненулевыми элементами матрицы $(Y_0 - S_0)$. Выделим 2 линейных уравнения:

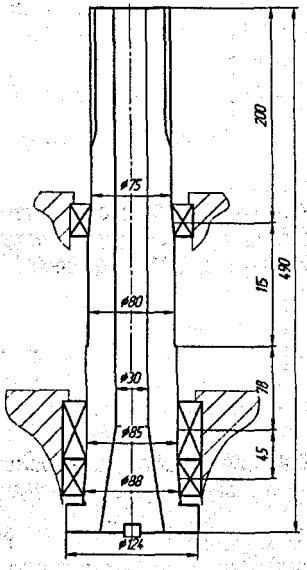


Рисунок 2 – Расчетная схема системы шпиндель-опоры

$$a_{31} y_0 + a_{32} \varphi_0 l = a_{34} \frac{F_0 l^3}{EJ};$$

$$a_{41} y_0 + a_{42} \varphi_0 l = a_{44} \frac{F_0 l^3}{EJ}, \tag{5}$$

Непосредственно из (5) может быть выражено выражение передаточной функции:

$$W_0 = \frac{y_0}{F_0} = \frac{l^3}{EJ} \frac{a_{34} a_{42} - a_{32} a_{44}}{a_{32} a_{41} - a_{31} a_{42}}, \tag{6}$$

Аналогично определяют и вторую передаточную функцию W_3, при $S_0 = 0$.

$$\begin{bmatrix} y_3 \\ \varphi_3 l \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} * & * & * & * \\ * & * & * & * \\ a_{31} & a_{32} & * & * \\ a_{41} & a_{42} & * & * \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} y_0 \\ \varphi_0 l \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{F_0 l^3}{EJ} \end{bmatrix}$$

$$W_3 = \frac{y_0}{F_3} = \frac{l^3}{EJ} \frac{a_{32}}{a_{32} a_{41} - a_{31} a_{42}}, \tag{7}$$

Используя данный метод, удобно выполнять расчеты на ЭВМ в виде цикла, когда все значения передаточной функции, рассчитанные для определенного промежутка частот, систематизируются и могут быть получены различные графики.

В качестве примера рассмотрим результаты расчета динамических характеристик вертикального консольно-фрезерного станка мод. 6К12. Расчетная схема ШУ показана на рис. 2.

На переднем конце шпинделя находятся шариковый радиальный двухрядный подшипник и роликовый радиально-упорный с короткими цилиндрическими роликами. На заднем конце – роликовый радиально-упорный с короткими цилиндрическими роликами.

В результате динамического расчета получаем два графика: амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) и амплитудно-фазовую частотную характеристику (АФЧХ).

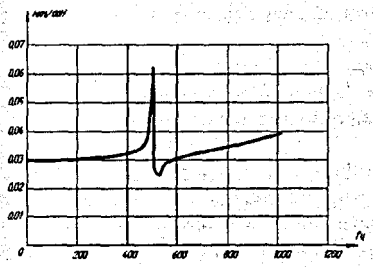


Рисунок 3 – Амплитудно-частотная характеристика ШУ

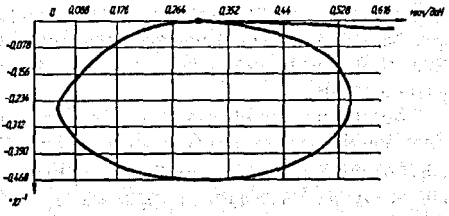


Рисунок 4 – Амплитудно-фазовая частотная характеристика ШУ

Как следует из графика АЧХ, резонансная частота составляет 500 Гц, что является хорошим показателем для низкоскоростного шпинделя с $(dn)_{max} \approx 1.9 \cdot 10^5$ мм·мин$^{-1}$. Рабочие частоты станка не попадают в резонансную зону. При этом, в соответствии с критерием Найквиста – Михайлова [4], АФЧХ (рис. 4) показывает, что ШУ обладает высокой устойчивостью. Таким образом, рассматриваемая конструкция отвечает динамическим требованиям обработки.

Рассматриваемая методика динамического расчета позволяет путем подбора параметров получить наилучшие динамические параметры ШУ. Также могут быть получены различные конструктивные варианты шпинделей для дальнейшего анализа и выбора.

Список цитированных источников

1. Пономарев, К.К. Расчет элементов конструкций с применением ЭЦВМ. – М.: Машиностроение, 1972. – 424 с.
2. Ивович, В.А. Переходные матрицы в динамике упругих систем: справочник. – М.: Машиностроение, 1981. – 183с.
3. Бидерман, В.Л. Теория механических колебаний. – М.: Высшая школа, 1980. – 408 с.
4. Михайлов, А.В. О новом подходе исследования замкнутых регулируемых систем // Автоматика и телемеханика. – 1973. – № 8.
5. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем / А.С. Проников, Е.И. Борисов, В.В. Бушуев [и др.]; под общ. ред. А.С.Проникова.– М.: Машиностроение, 1972. – Том 2. – Часть 1. – 374 с.
6. Орликов, М.Л. Динамика станков. – К.: Вища школа. 1989. – 272 с.

УДК 621.387.143

Ермолич М.В., Горбач Н.М.

Научные руководители: профессор Сазонов М.И., доцент Черноиван Н.В.

ПЛАЗМОТРОН ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СТАЛЕЙ

Для повышения надежности, долговечности и эксплуатационных свойств деталей машин, экономии энергетических ресурсов используются различные способы упрочнения металлоизделий. Данная работа посвящена использованию плазмотрона для поверхностного упрочнения деталей из сталей.

Проведенные исследования [1-3] показали, что способность стали к закаливанию определяется составом и содержанием легирующих элементов. Испытания на износостой-

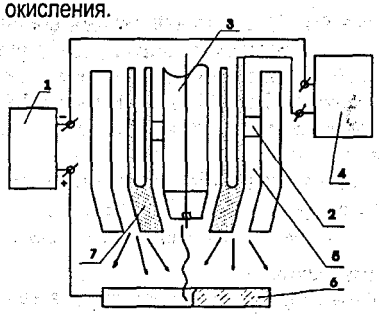
кость подтвердили эффект применения поверхностной плазменной закалки стальных изделий.

Высокая твердость и дисперсность упрочненного слоя при термообработке плазменной струей оказывает определяющее значение на эксплуатационные характеристики изделия.

Применение плазмотрона эффективно с точки зрения повышения износостойкости только для сталей, содержащих менее 0.35% углерода.

К конструктивным элементам плазмотрона (рис. 1) относятся электрод и сопло, которые определяют его основные характеристики. Электрод изготавливается обычно из гафния и вольфрама. Сопло формирует и стабилизирует прикатодную область плазменной струи.

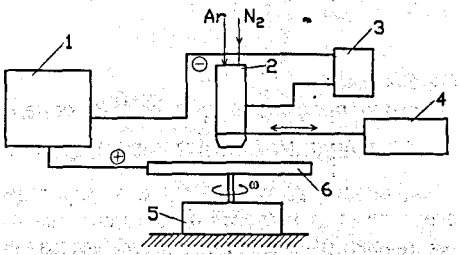
Обжатие дуги осуществляется подачей защитного газа, в качестве которого используют аргон, азот или смесь инертных газов. Источник питания включен между катодом и нагреваемым изделием (анод) 6. С помощью 4 возбуждается основная дуга, которая после возбуждения дежурной, горит между катодом 3 и анодом (изделие) 6, обжатие дуги осуществляется также и дополнительным соплом 2. Через канал 5 подается плазмообразующий газ (аргон, азот), а через сопло 2 защитный газ, который стабилизирует дугу и защищает зону нагрева от окисления.



1 – источник питания; 2 – сопло; 3 – катод; 4 – высокочастотный генератор; 5 – канал вдува газов; 6 – нагреваемая деталь (анод); 7 – электрод

Рисунок 1 – Принципиальная схема установки с генератором плазмы

Для реализации процесса поверхностного упрочнения деталей была создана плазменная установка (рис. 2). Эта установка состоит из плазмотрона постоянного тока, силового источника питания дуги, устройства ВЧ-поджига дуги, щитка газоснабжения плазмотрона аргоном и азотом, системы водоохлаждения плазмотрона.



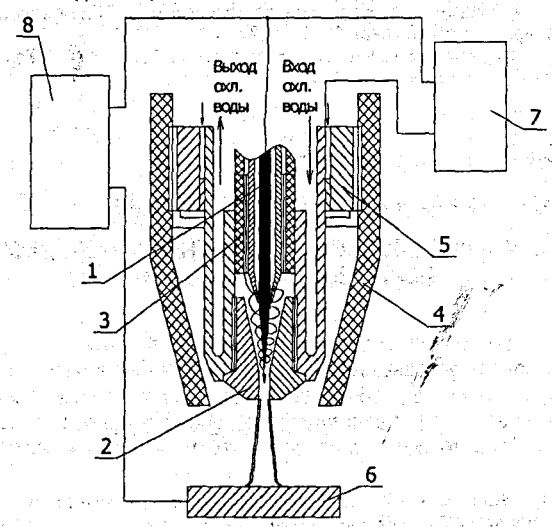
1 – силовой источник питания; 2 – модернизированный плазмотрон; 3 – высокочастотный генератор; 4 – манипулятор; 5 – манипулятор; 6 – упрочняемая деталь

Рисунок 2 – Принципиальная схема установки для поверхностного упрочнения деталей

Поджиг дуги производится при помощи высоковольтного ВЧ-генератора, который подключен одним полюсом к катоду плазмотрона, другим – к его соплу. Перед запуском плазмотрона устанавливаются заданные расходы рабочего газа аргона и защитного газа азота. Кроме того, задается определенная скорость перемещения плазмотрона на основе предварительно проведенных экспериментов по упрочнению на образцах. Затем на плазмотрон подается напряжение от силового источника и включается ВЧ-генератор, который обеспечивает пробой газового зазора между катодом и соплом; в этот момент сопло служит поджигающим электродом. По образовавшемуся искровому каналу развивается дежурная дуга между катодом и соплом, ток дуги ограничивается переменным сопротивлением, которое включено в электрическую цепь между соплом и анодом и устанавливается в пределах 4...6 А. Под действием потока аргона через плазмотрон слаботочная дуга выдувается из плазмотрона и замыкается на анод-деталь. Приложенное напряжение к плазмотрону от силового источника обеспечивает загорание основной дуги между катодом и анодом, а дежурная дуга автоматически отключается.

Для перемещения плазмотрона относительно закаливаемой детали использован манипулятор с двигателем с магнитным роликом, который приводится во вращательное движение ротором, в свою очередь ролик катится по торцу модели закаливаемой детали. Кроме того, разработан и изготовлен специальный манипулятор, который непосредственно вращает упрочняемую деталь с заданной скоростью, причем угловая скорость детали может изменяться в пределах 0.5...180 об/мин при помощи разработанной электронной системы управления двигателем. Таким образом, на созданной установке могут проводиться исследования с целью разработки основ поверхностной закалки образцов и деталей.

С целью повышения мощности теплового КПД плазмотрона и плотности теплового потока в анодное пятно был модернизирован плазмотрон ПА-16 (рис. 3), который эффективно использовался для сварки и наплавки.



1 – катод, 2 – медное сопло, 3 – деталь закрутки рабочего газа, 4 – дополнительное сопло, 5 – кольцо закрутки защитного газа, 6 – анод-упрочняемая деталь, 7 – высокочастотный генератор, 8 – силовой выпрямитель

Рисунок 3 – Принципиальная схема модернизированного плазмотрона

Защита от окисления металла упрочняемой детали обеспечивается постановкой в плазмотроне дополнительного керамического сопла 4 с внутренним диаметром 18 мм, а между соплами 2 и 4 подается защитный газ азот с расходом 1.2...4.0 л/мин. Кроме того, за счет высокой скорости течения плазмы в дуге происходит эжекция азота в зону анодного пятна, что предположительно может привести к плазменному азотированию поверхностного слоя детали, что подтверждается исследованиями физических свойств этого слоя.

Выпрямитель 2 включен между катодом 1 и упрочняемой деталью 6. Для поджига основной дуги использован высокочастотный генератор 3 малой мощности, включенный между катодом и соплом 2 плазмотрона. После поджига дежурной дуги по ее проводящему каналу загорается основная дуга между катодом и деталью-анодом. Перед включением плазмотрона в зону катода для его защиты подается аргон с расходом 1.2...4.1 л/мин, а для защиты детали в зоне анодного пятна от окисления через дополнительное сопло 4 – азот с расходом 0.8...2.4 л/мин.

При закалке использовались аргон и азот высокой чистоты из баллонов. Измерение расходов газов производится при помощи ротаметров типа РМ-0,025 и РМ-0,63.

Проведенные эксперименты показали, что подача азота позволяет увеличить напряжение дуги и, соответственно, мощность плазмотрона почти в 2 раза и достичь плотности теплового потока в анодном пятне вплоть до 6×10^7 Вт/м^2 при диаметре пятна 2.0...2.4 мм.

Использование модернизированного плазмотрона позволяет повысить твердость и износостойкость сталей за счет воздействия плазменной струи в защитной среде аргона.

Список цитированных источников

1. Райцес, В.Б. Термическая обработка. – М.: Машиностроение, 1980. – 247 с.
2. Спиридонов, Н.В. Плазменные и лазерные методы упрочнения деталей машин / Н.В. Спиридонов, О.С. Кобяков, И.Л. Куприянов. – Мн.: Высшая школа, 1988. – 155 с.
3. Лещинский, Л.К. Плазменное поверхностное упрочнение / Л.К. Лещинский, С.С. Самотугин, И.И. Пирч, В.И. Комаров. – Киев: Тэхника, 1990. – 109 с.
4. Коротеев, А.С. Плазмотроны: конструкции, характеристики, расчет / А.С. Коротеев, В.М. Миронов, Ю.С. Свирчук. – М.: Машиностроение, 1993. – 296 с.

УДК 621.9.06
Кардаш Н.Н.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Горбунов В.П.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ НА ТОЧНОСТЬ КООРДИНАТНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПРИВОДА СТАНКА

Введение

В настоящее время одной из основных тенденций развития в технологии механической обработки является повышение точности изготавливаемых деталей: точность её размеров, формы, взаимного расположения и шероховатости поверхности. Ужесточение точности изготавливаемых деталей влечет за собой повышение требований к точности станка: геометрической точности, кинематической точности, точности позиционирования и жесткости.

В автоматизированном производстве наибольшее значение имеет использование станков с ЧПУ, где точность обработки должна обеспечиваться автоматически за счет: точного перемещения рабочих органов станка, использования систем автоматического управления и других факторов. Особенностью станков с ЧПУ является применение передачи винт-гайка качения в качестве тягового устройства рабочих органов станка.

Во время обработки, под воздействием сил резания, происходит деформация элементов привода подач станка, что приводит к нарушению первоначального положения режущего инструмента и в следствие к снижению точности обработки. В связи с этим необходимо выявить насколько значительны эти деформации.

Основная часть

Анализ литературных источников [1, 2] показал, что на привод подач действуют следующие силы:

- силы резания, со стороны перемещаемого узла;
- силы трения в подшипниках опоры;
- силы трения шариков внутри ШВП;
- силы, возникающие в результате погрешности изготовления;
- сила, действующая на резьбовую поверхность винта, которая образуется от натяга подшипников в опоре;
- сила, от натяга внутри ШВП.

На практике при расчете деформаций невозможно учесть влияние всех сил, действующих на привод. Это обусловлено сложностью нахождения направления и величин этих сил. Поэтому производится компьютерное моделирование деформаций винта под действием изменяющихся нагрузок. В качестве силовых факторов для моделирования, нами были выбраны силы:

- составляющая силы резания P_x;
- сила натяга внутри ШВП;
- сила от натяга подшипника.

Для моделирования влияния силовых воздействий, необходимо принять определенные допущения:

- пренебрегаем силами трения в узлах подшипника и внутри и ШВП;
- в расчете не будем учитывать силы, возникающие в результате погрешности изготовления;
- считаем, что сила от натяга подшипника действует вдоль оси винта и равномерно распределена по виткам резьбы;
- из сил резания действует только одна составляющая Px;
- считаем, что внутри ШВП составляющая силы резания действует на 3 витка, равномерно распределяясь по ним;
- сила, действующая на виток, распределяется на весь оборот витка;
- сила натяга внутри ШВП действует на 6 витков, равномерно распределена по виткам, направлена в осевом направлении винта и действует в разные стороны, по 3 витка в каждую сторону;
- будем учитывать деформации только винта ШВП, деформациями остальных элементов привода пренебрегаем.

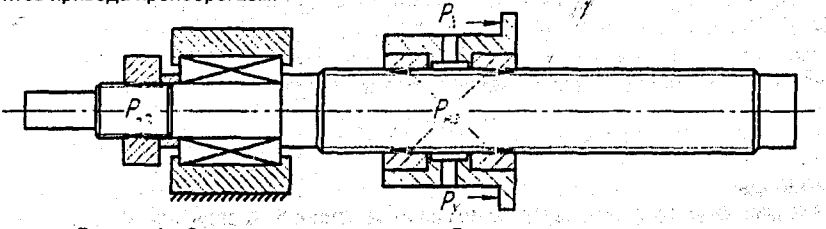


Рисунок 1 – *Схема приложения нагрузок: Px – составляющая силы резания, Рн.г. – силы от натяга внутри гайки, Рн.п. – силы от натяга подшипника*

В приложении «КОМПАС 313 У13» была построена математическая модель, с учетом принятых ранее допущений.

Перемещение гайки было имитировано поэтапным перемещением нагрузок вдоль оси винта с шагов 5 мм. Таким образом, мы получили ряд значений соответствующих величине удлинения винта под действием нагрузок на всей рабочей длине винта.



Рисунок 2 – Математическая модель ШВП

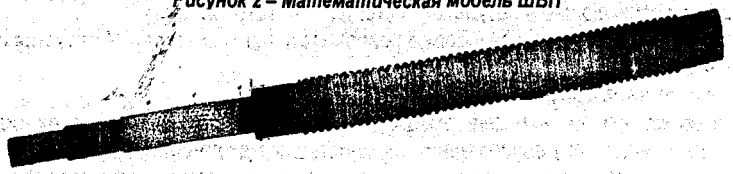


Рисунок 3 – Суммарное линейное перемещение

По результатам моделирования был построен график влияния перемещения гайки на удлинение винта (см. *рисунок 4*).

Проанализировав график, можно придти к выводу, что величина деформации в зависимости от перемещения гайки, подчиняются линейному закону. Зная уравнение компенсирующей прямой, можно компенсировать данную погрешность. Уравнение компенсирующей прямой имеет следующий вид:

$$e_c = \alpha l + c, \qquad (1)$$

где e_c – накопленное отклонение шага винта под действием сил резания, а – коэффициент наклона прямой, с – постоянная составляющая погрешности, 1 – величина перемещения.

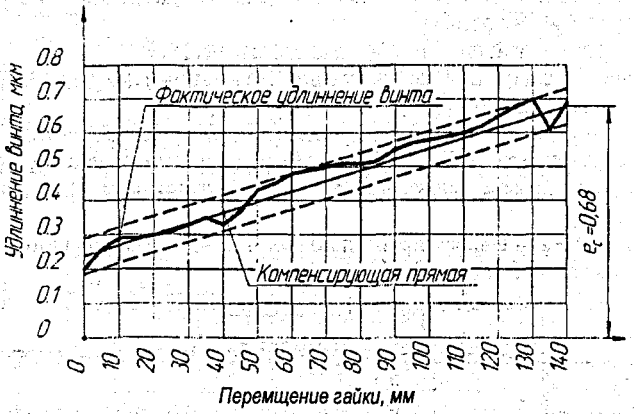


Рисунок 4 – Зависимость удлинения винта от перемещения гайки

Выводы

1. Выявлены основные силы, влияющие на точность координатных перемещений привода станка.

2. На стадии проектирования технологического оборудования рекомендуется проводить моделирование влияния силовых воздействии на привод подач с целью оптимизации его конструкции.

3. В период эксплуатации возможна коррекция деформаций привода подач по компенсирующей прямой (постоянной составляющей погрешности), получаемой от изготовителя для данного оборудования.

Список цитированных источников

1. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: справочник-учебник: в 3-х т. / А.С. Проников [и др.]; под общ. ред. А.С. Проникова. – М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана: Машиностроение, 1994. – Т.2: Расчет и конструирование узлов и элементов станков. – С. 372.

2. Кочергин, Ю.А. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов: курсовое проектирование; учеб. пособие для вузов / А.И. Кочергин. – Мн.: Выш. шк., 1991. – С. 382.

УДК 621.9.06

Кардаш Н.Н.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Горбунов В.П.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПЕРЕДАЧИ «ВИНТ-ГАЙКА» КАЧЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ КООРДИНАТНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ЗАТОЧНОГО СТАНКА МОДЕЛИ ВЗ-632Ф2

Введение

Заточной станок модели ВЗ-632Ф2 предназначен для заточки прямозубых долбяков, которые являются зуборезным инструментом и требуют высокой точности при изготовлении деталей. Высокие требования к долбяку накладывают высокие требования к точности оборудования, на котором деталь обрабатывается и затачивается. Причем при затачивании долбяка необходимо обеспечивать высокую точность координатных перемещений шлифовальной бабки.

Основная часть

Точность координатных перемещений на станках с ЧПУ характеризуется точностью позиционирования Δпоз, под которой понимают отклонение действительного положения рабочего органа станка Xi от запрограммированного Xпрог при его многократном двустороннем позиционировании в различных точках по пути его перемещения по одной из координатных осей [1]. Точность позиционирования формируется всем комплексом станка с ЧПУ (его механической частью и системой управления) и зависит от многих факторов: погрешности блоков и элементов устройства ЧПУ, погрешности привода подач, геометрических погрешностей станка, погрешностей измерительных преобразований и др.

В большей степени оказывают влияние погрешности привода подач, которые формируются двигателем, передаточным механизмом, тяговым устройством.

Тяговым устройством заточного станка модели ВЗ-632Ф2 является передача «винт-гайка качения».

На точность координатных перемещений исполнительных механизмов влияют следующие характеристики тягового устройства:

1. Точность изготовления составляющих передачи «винт-гайка качения».
2. Точность установки.
3. Жесткость конструкции.

Суммарная погрешность передачи «винт-гайка качения» $\Delta_{ТУ}$ представляет собой в общем виде функцию от всех перечисленных параметров и может быть записана следующим образом:

$$\Delta_{ТУ} = f(\Delta_в; \Delta_г; \Delta_{оп}; \Delta_δ; \Delta_{уст}), \quad (1)$$

где $\Delta_в$ – погрешность изготовления винта; $\Delta_г$ – погрешность изготовления гайки; $\Delta_{оп}$ – погрешность изготовления опор; $\Delta_δ$ – погрешность, вызванная упругими деформациями; $\Delta_{уст}$ – погрешность установки.

Погрешность изготовления гайки (систематическая составляющая), погрешность изготовления опор и погрешность установки являются постоянными составляющими погрешности и компенсируются во время наладки станка изготовителем. Наиболее значимыми являются погрешность изготовления винта и погрешность, вызванная упругими деформациями.

Погрешность, вызванная упругими деформациями, – величина удлинения винта под влиянием силовых факторов. В нашем случае величина данной погрешности равна нулю, при минимальном расстоянии от винта до опор ШВП и увеличивается по линейному закону до 0,44 мкм при максимальном расстоянии от винта до опор ШВП, равном 140 мм.

Для нахождения суммарной погрешности передачи «винт-гайка качения» нам необходимо учесть погрешность изготовления винта.

Для сравнения проанализируем два варианта точности изготовления винта 5-го класса по DIN 69051 и 1-го класса точности по ОСТ 2-Р31-4-8 как наиболее точные каждый в своем стандарте.

Для винта по DIN среднее допустимое отклонения длины [2]:5мкм на 300 мм длины.

Для винта по ОСТ среднее допустимое отклонения длины [2]:6мкм на 300 мм длины.

Привод подач станка В3-632Ф2 имеет величину перемещения 140 мм, тогда погрешности изготовления винта равны: для DIN: $\Delta_в = 5 \times 140/300 = 2{,}33$ мкм; для ОСТ: $\Delta_в = 6 \times 140/300 = 2{,}8$ мкм.

Построим график для нахождения суммарной погрешности передачи «винт-гайка качения».

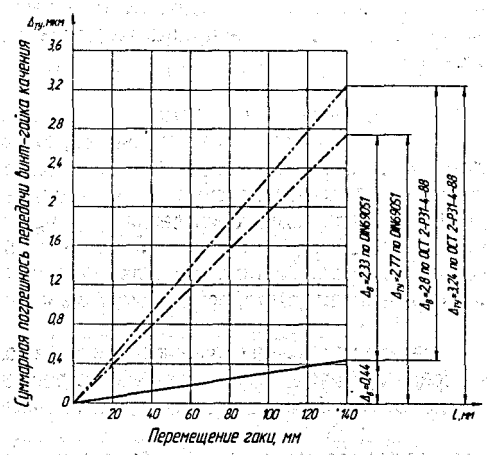


Рисунок 1 – Зависимость суммарной погрешности передачи «винт-гайка качения» от перемещения гайки

Выводы

Используя график, мы можем определить погрешность передачи «винт-гайка качения» с учетом деформаций от сил резания и точности изготовления винта.

Рассмотрев график, мы видим, что требования к точности по DIN более высокие, нежели по ОСТ.

С учетом возможной деформации ходового винта можно, исходя из требований точности позиционирования, устанавливать требуемую точность изготовления винта.

Так, если принимать $\Delta_{поз}$ = 20 мкм, а $\Delta_{б}$ = 1 мкм, то погрешность изготовления должна быть не более ($\Delta_{поз}$ - $\Delta_{б}$)/3 = (20-1)/3 = 6,3 мкм, и это соответствует 10 классу точности по DIN или 3 классу точности по ОСТ.

Список цитированных источников

1. Горбунов, В.П. Баланс погрешностей выходного параметра многоцелевого станка в системе привода подач – подвижный орган / В.П. Горбунов, В.Ф. Григорьев // Вестник БрГТУ – Машиностроение, автоматизация, ЭВМ. – 2002. – №4(16). – С. 4-7.

2. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: справочник-учебник: в 3-х т. / А.С. Проников [и др.]; под общ. ред. А.С. Проникова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана: Машиностроение, 1994. – Т.2: Расчет и конструирование узлов и элементов станков. – С. 372.

УДК 681.5

Козлович К.А.

Научный руководитель: доцент Прокопеня О.Н.

АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Управление движением мобильного робота может осуществляться различными способами. В большинстве случаев траектория планируется заранее, запоминается и затем реализуется при движении. Это требует значительного объема памяти управляющей системы. Ранее был разработан алгоритм [1], обеспечивающий управление движением на основе информации о положении целевой точки, в которую должен попасть робот. Данная информация поступает от датчиков робота непосредственно в ходе движения. Таким образом, расчет траектории не производится заранее. В данной работе рассматривается, как разработанный алгоритм может быть применен для управления роботом, содержащим четыре двухколесных приводных модуля. Кинематическая схема такого робота приведена на рисунке 1.

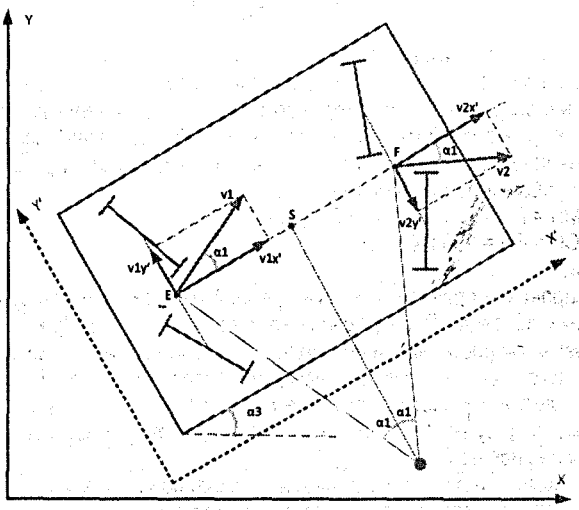


Рисунок 1 – Кинематическая схема робота

При изменении направления движения передние и задние модули разворачиваются в противоположных направлениях на одинаковый угол. Средний угол поворота колес α_1 соответствует отклонению вектора скорости в точках E и F. Изменение данного угла в процессе движения определяет форму траектории. Таким образом, задача управления состоит в изменении данного угла таким образом, чтобы обеспечить попадание в целевую точку с заданной точностью по гладкой траектории.

Исходя из геометрических построений, данный угол может быть вычислен в следующей последовательности.

В соответствии с предложенным алгоритмом заданное значение угла α_1 в процессе движения определяется выражением:

$$\alpha_{1ЗАД} = 1.75\left(1+\frac{\sqrt{\left(X_{ЗАД}-X\right)^2+\left(Y_{ЗАД}-Y\right)^2}}{2}\right)\left(\beta_1-\alpha_3\right)-\left(\beta_2-\alpha_3\right), \quad (1)$$

где X и Y – текущие значения координат робота; $X_{ЗАД}$ и $Y_{ЗАД}$ – координаты целевой точки; β_1 – угол отклонения целевой точки от оси робота; α_3 – текущее значение угла поворота робота; β_2 – требуемый угол поворота робота в целевой точке.

Текущие значения указанных переменных определяются выражениями:

$$X = \int\left(v_1\cos\left(\alpha_1\right)\cos\left(\alpha_3\right)\right)dt, \quad (2)$$

$$Y = \int\left(v_1\cos\left(\alpha_1\right)\sin\left(\alpha_3\right)\right)dt, \quad (3)$$

$$\beta_1 = \arcsin\frac{Y_{ЗАД}-Y}{\sqrt{\left(X_{ЗАД}-X\right)^2+\left(Y_{ЗАД}-Y\right)^2}}, \quad (4)$$

$$\alpha_3 = \int\frac{v_1}{SE}\sin\left(2\alpha_1\right)dt, \quad (5)$$

где v_1 – средняя окружная скорость колес.

На рисунке 2 приведена математическая модель системы, реализующей управление в соответствии с разработанным алгоритмом с учетом приведенных кинематических зависимостей, которая разработана в приложении SIMULINK. Она позволяет оценить качество управления движением при использовании указанной конструкции робота.

При моделировании приняты размеры:

AK = AL = MB = BN = OC = CP = QD = DR = 150 мм.

AE = EB = CF = FD = 196 мм.

SE = 400 мм.

При моделировании принято значение средней угловой скорости вращения всех двигателей равным 80 рад/с. Передаточное отношение редуктора равно 21,36. При этом средние угловые скорости вращения колес 3.75 рад/с. Изменение скоростей относительно указанного значения производится для поворота модулей. Привод колес осуществляется от двигателей постоянного тока мощностью 90 Вт. В приводах используется обратная связь по углу поворота, угловой скорости и току. Результаты моделирования представлены на рисунке 3.

Исследование показало, что отклонение от заданной целевой точки при любых значениях координат и конечного угла поворота не превышает 10 см. Отклонение по углу не

более 1^0. Для робота с указанными размерами платформы это можно считать вполне приемлемым. Траектории движения являются гладкими кривыми.

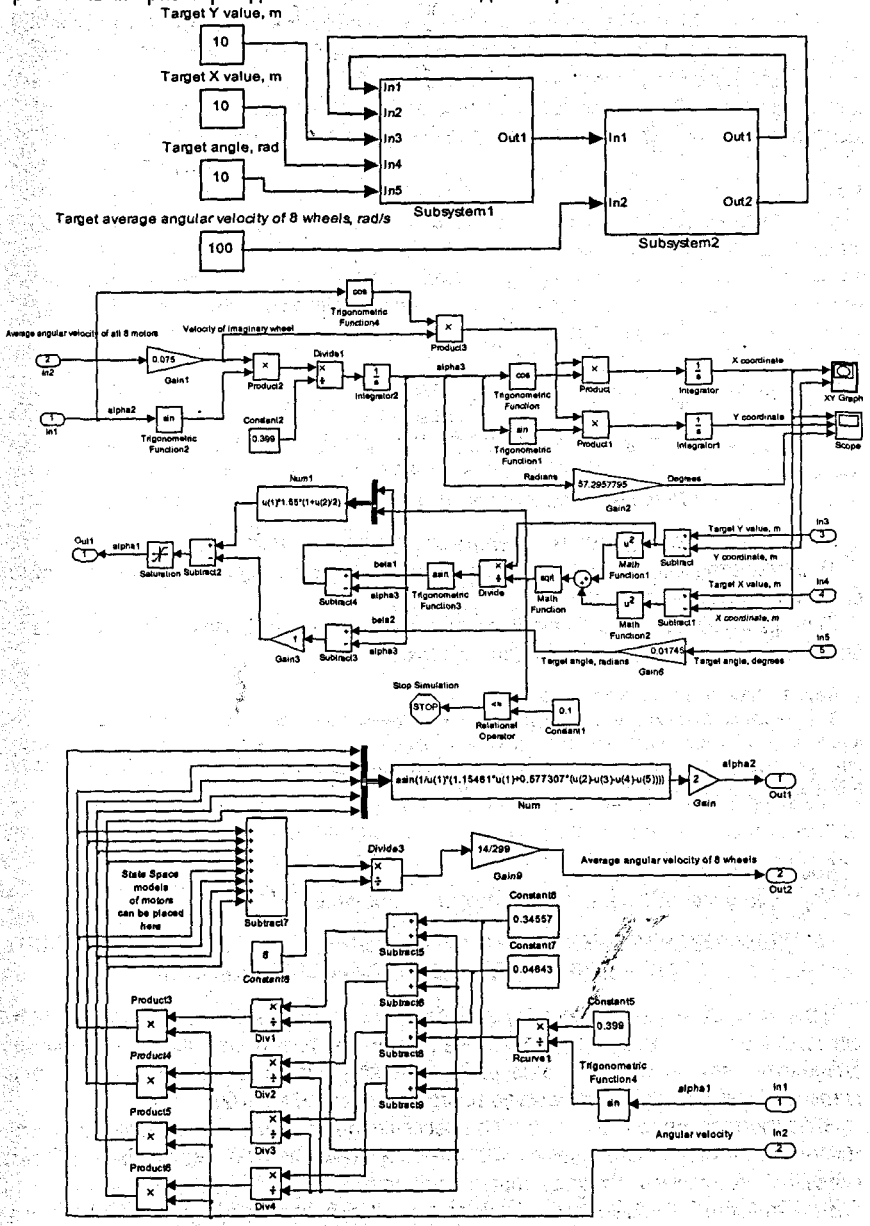


Рисунок 2 – Модель системы управления в приложении SIMULINK

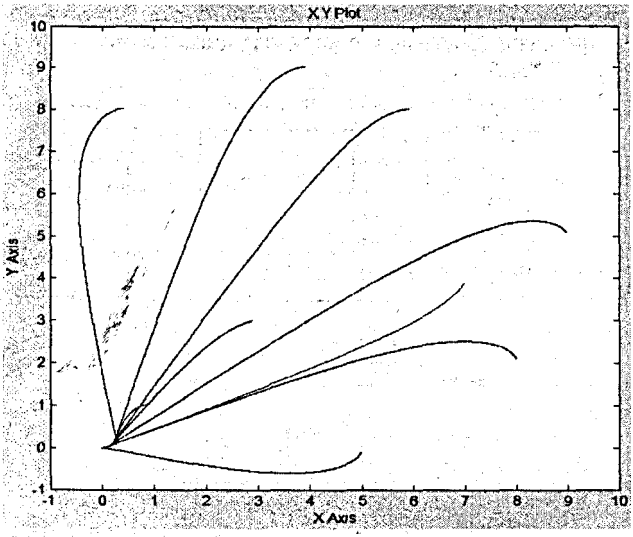


Рисунок 3 – Результаты моделирования движения робота

Результаты работы позволяют сделать следующие выводы:

1) разработанный алгоритм обеспечивает хорошее качество управления и может быть использован на практике;

2) разработанная математическая модель может быть использована для анализа работы и подбора параметров приводов роботов.

Список цитированных источников

1. Прокопеня, О.Н. Управление движением мобильных роботов / О.Н. Прокопеня, В.В. Халитов, К.А. Козлович // Инновационные технологии, автоматизация и мехатроника в машино- и приборостроении: материалы Междунар. научно-практ. конф. / редкол.: Хрусталев Б.М. (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Бизнесофсет, 2013. – С. 29-30.

Костючик Ю.И.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Горбунов В.П.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СМЕЩЕНИЯ КОРПУСА ШПИНДЕЛЬНОЙ БАБКИ ТОКАРНОГО СТАНКА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ

Большое количество в парке металлорежущих станков занимают токарные станки, шпиндельные узлы которых являются наиболее ответственными формообразующими элементами механизмами. От совершенства конструкции, а также от качества изготовления и сборки шпиндельного узла во многом зависит точность обработки.

Высокую точность обработки можно обеспечивать на стадии проектирования и изготовления станков, однако, увеличение точности станка за счёт ужесточения допусков, введения специальных конструкторских элементов требует дополнительных затрат. Возможно прогнозирование повышения точности обработки за счёт изменения точности шпиндельного узла, его положения.

В процессе эксплуатации станка на положение оси шпиндельного узла воздействуют внешние и внутренние факторы: силы резания; силы приводных элементов; тепловые деформации; зазоры-натяги в соединениях; масса шпинделя; масса шпиндельной бабки; дисбаланс; частота вращения шпинделя; внутренние напряжения шпинделя; масса детали; привод; окружающая среда. Эти факторы являются переменными [1]. Положение оси шпиндельного узла определяется собственно шпинделем (изготовление и сборка) и конструкцией шпиндельной бабки, которая предназначена для базирования опорных подшипников шпинделя.

Внутри шпиндельной бабки токарного станка находятся несколько валов с зубчатыми колесами, передающими вращение от шкива ременной передачи на шпиндель. Переключение зубчатых колес обеспечивает регулирование частоты вращения шпинделя. Шпиндель имеет две опоры – переднюю и заднюю. Корпус шпиндельной бабки имеет форму параллелепипеда. В нем расположены отверстия для опор шпинделя и промежуточных валов. Корпус крепится к станине болтами. Опорная поверхность корпуса состоит из 6 платиков.

По результатам расчёта конструкции шпиндельного узла был выбран вариант шпинделя, в передней опоре которого устанавливается радиально-упорный конический двухрядный подшипник типа 97520 ГОСТ 6364-78; в задней – однорядный радиально-упорный роликовый конический подшипник типа 1027316А ГОСТ 27365-87 [2]. Для характерных для данного станка условий обработки определены реакции опор в зависимости от составляющих силы резания P_x, P_y, P_z и сил приводного элемента F_t, F_r.

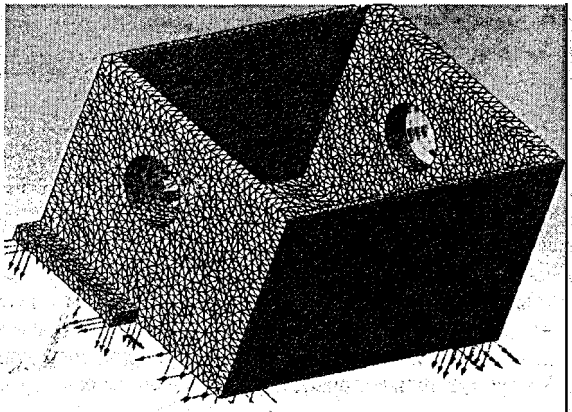
Целью настоящей работы является определение величины смещения оси отверстий корпуса шпиндельной бабки токарного станка под воздействием силовых факторов.

Существующие методы компьютерного моделирования заключается в использовании приложений графических программ Компас 3D, T-FLEX CAD, SolidWorks. Расчёт производится методом конечных элементов (МКЭ).

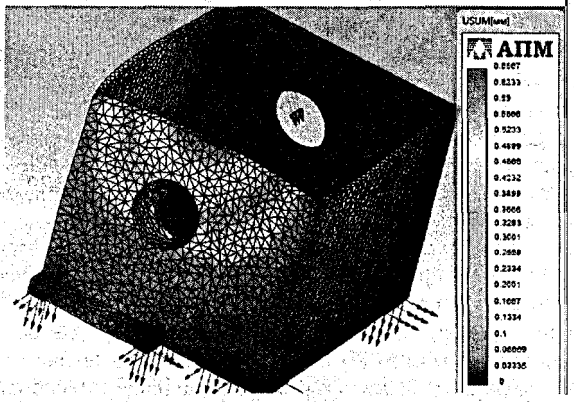
В нашем случае для моделирования смещения оси корпуса шпиндельной бабки в графической программе Компас 3D была построена упрощённая математическая модель корпуса шпиндельной бабки токарного станка 16К20 (отверстия под промежуточные валы, радиусы скруглений в сопряжениях стенок и т.п. не учитываются). Корпус закреплён по всей своей опорной поверхности при помощи 6 платиков. В приложении АРМ FEM модель нагружается составляющими сил, действующих со стороны шпинделя, R_x, R_y, R_z в соответствии осей координат. Наибольшее влияние на смещение оси шпиндельной бабки оказывает тангенциальная составляющая R_Z, которая составляет 5452 Н (передняя опора шпинделя) и 556 Н (задняя опора шпинделя). На модель накладывается конечно-элементная сетка (шаг = 25; K_C = 1,0; K_P = 1,0) (рис. 1, а), так как расчёт производится методом конечных элементов. Производится силовой расчёт: материал модели СЧ15 ГОСТ 1412-85; коэффициент Пуассона 0,27; плотность 7000 кг/м^3; модуль сдвига 42000 МПа; предел прочности по сжатию 700 МПа; модуль упругости 80000 МПа. Приложение АРМ FEM составляет уравнения, которые устанавливают взаимосвязь между перемещениями и нагрузками (силы, действующие со стороны шпинделя). По расчётным данным строятся эпюры перемещений корпуса шпиндельной бабки по осям X, Y, Z и эпюра результирующего перемещения опорных поверхностей, показанная на рис. 1, б.

Также была построена модель корпуса шпиндельной бабки с нагрузками противоположного знака. Аналогично строится конечно-элементная сетка и определяются перемещения оси передней и задней опоры шпинделя (рисунок 2).

а)



б)



а) конечно-элементная сетка; б) эпюра результирующего перемещения

Рисунок 1 – Математическая модель корпуса шпиндельной бабки (вариант 1)

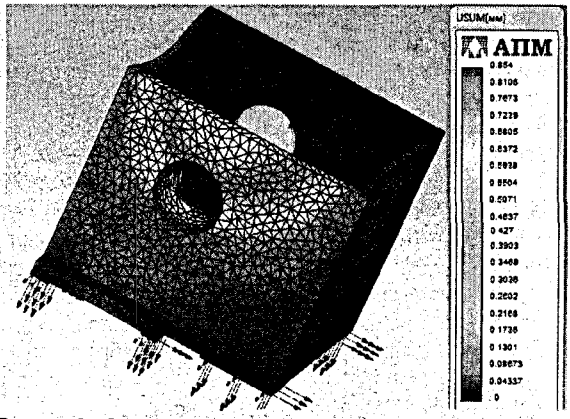


Рисунок 2 – Эпюра результирующего перемещения (вариант 2)

По полученным эпюрам можно определить смещение оси передней опоры шпинделя, которое составляет для первого варианта 0,06669 мм; для второго – 0,08673 мм. Смещением оси задней опоры шпинделя можно пренебречь.

Получив данные по перемещению оси передней опоры шпинделя, можно найти её общее перемещение с учётом изгиба шпинделя под нагрузками по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta}{a} \pm \Delta y,$$

где $\frac{\Delta}{a} = tg\alpha = \alpha$ – угловое перемещение (составляет 0,0006рад) [2];

Δ – перемещение переднего конца; a – вылет переднего конца.

Тогда общее перемещение корпуса шпиндельной бабки с первым вариантом нагружения составляет 0,0629 мм; со вторым вариантом нагружения – 0,0873 мм.

По результатам проведённых вычислений предпочтительнее применять первый вариант нагружения корпуса шпиндельной бабки, перемещение оси передней опорной поверхности шпинделя которого составляет 0,0629 мм.

Полученные в процессе моделирования теоретические исследования позволяют по значениям реакций в опорах шпинделя и эпюрам результирующего перемещения спрогнозировать смещение в радиальном направлении оси корпуса шпиндельной бабки и установленного в ней шпинделя; внести изменения в конструкцию шпиндельной бабки. Прогнозирование смещения оси шпиндельного узла позволяет внести коррекцию в систему управления для достижения требуемой точности обработки.

Список цитированных источников

1. Кочергин, А.И. Конструирование и расчёт металлорежущих станков и станочных комплексов. – Минск: Высшая школа, 1991. – 384 с.

2. Костючик, Ю.И. Моделирование смещения шпинделя токарного станка под воздействием силовых факторов: сборник конкурсных работ студентов и магистрантов. – Брест: БрГТУ, 2012. – Ч.1. – С. 106-109.

УДК 621.833.1

Леванович А.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Драган А.В.

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС МНОГОВАЛЬНЫХ ПРИВОДОВ ПО ВИБРОАКУСТИЧЕСКИМ СИГНАЛАМ

На современном этапе развития технологии производства отечественный и зарубежный опыт показывает, что одним из важнейших средств повышения качества, надёжности и экономической эффективности использования механического оборудования является применение технического обслуживания по мере необходимости, также называемого «прогнозируемым обслуживанием». Оно основано на том, что потенциальная поломка машины предсказывается на основе регулярного мониторинга состояния и техническое обслуживание осуществляется в оптимальные сроки. Это имеет очевидные преимущества по сравнению с такими традиционными методами как «работа до поломки» или профилактическим обслуживанием, но требует надежных методов контроля состояния, которые не только способны определить текущее состояние, но и дать разумные прогнозы оставшегося срока полезного использования. Данный метод применяется с некоторым успехом в течение 30-40 лет, и еще в 1978 году было подсчитано, что расходы на техническое обслуживание в британской промышленности могут быть снижены примерно на 65% при надлежащем внедрении данного подхода [1]. Современные методы диагностики состояния основаны на способности контролировать текущее состояние и про-

гнозировать будущее состояние машины во время её работы. Это означает, что информация о неисправности внутренних механизмов машины выявляется путём анализа её характеристик при эксплуатации. К таким методам можно отнести анализ вибраций и шума, анализ масла, анализ рабочих характеристик, термографический анализ и др.

Даже в исправном состоянии машины генерируют колебания. Многие такие колебания напрямую связаны с периодическими событиями в эксплуатации машины, такими как вращение валов, зацепление зубчатых колёс и так далее. Частота, с которой такие события повторяются, часто дает прямое указание на источник вибрации, и поэтому многие мощные диагностические методы основаны на анализе частоты. Основным физическим носителем информации о состоянии элементов работающего оборудования в вибродиагностике является виброакустический сигнал, который несёт информацию о колебательных процессах и акустическом шуме механизма в окружающей среде. Следовательно, вибродиагностированию может подвергаться любое оборудование, функционирование которого сопровождается возбуждением колебательных процессов [2].

Шум и вибрация зубчатой передачи возникают в результате воздействия переменных сил, обусловленных изменением во времени параметров зацепления зубьев. Это означает, что даже идеальная зубчатая передача не может работать бесшумно. Возбуждение колебаний в зубчатых передачах, в том числе и нормально функционирующих, вызывается проявлением двух основных факторов – погрешностями изготовления и сборки (монтажа) зубчатых колес и периодическим изменением жесткости зубьев по фазе зацепления.

Погрешности изготовления складываются из постоянных и переменных погрешностей в шаге зубьев. Погрешности монтажа проявляются в виде нарушений соосности валов и перекосе их осей, нарушении боковых зазоров и др. Значительное влияние на виброхарактеристики передачи также оказывают эксплуатационные дефекты зубчатой передачи [3].

Иследования, направленные на изучения вляния дефектов зубчатых колес на виброакустические сигналы, уже несколько лет проводятся и имеют довольно значимые результаты в БрГТУ [4]. Последним направлением стало изучение влияние дефекта в виде скола на одном из зубьев зубчатого колеса коробки скоростей универсального токарного станка СН-401/501 на общую картину виброакустических характеристик станка. Было изготовлено опытное колесо (изначально без дефектов) и установлено вместо соответствующего колеса станка. С помощью измерительного комплекса [4] были зафиксированы все виброакустические характеристики. Далее последовательно имитировались сколы зуба опытного колеса в 25%, 50% и 75% от ширины зубчатого венца (рис. 1).

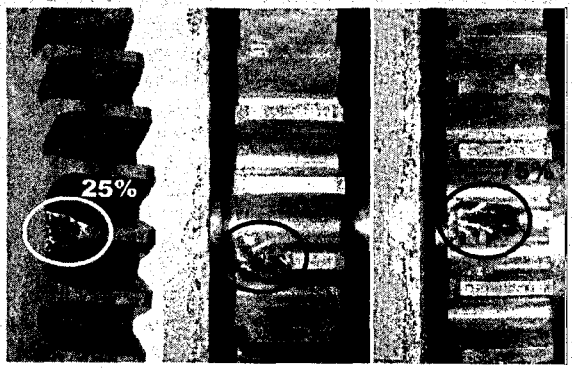


Рисунок 1 – Скол зуба опытного колеса в 25%, 50% и 75% от ширины зубчатого венца

Весь набор экспериментальных данных, а также данные о виброакустических характеристиках коробки скоростей, работающей с зубчатым колесом без зуба, были сопоставлены между собой. При этом упор делался на акустические параметры как более просто получаемые бесконтактно в ходе виброакустических измерений. Изначально все данные были подвергнуты математической обработке программными средствами комплекса Викма-2, где посредством преобразования Фурье значения акустических сигналов из временной области были переведены в спектральный вид [4].

Таким образом, исследовалась возможность связать все периодические процессы (такие как вращение всех колёс коробки скоростей) с акустическими спектрами. Благодаря использованию преобразователей угловых перемещений, которыми оснащен измерительный комплекс, были замерены с высокой точностью частоты вращения входного и выходного валов, что сделало возможным точное определение частот всех элементов привода и сопоставление со всеми интересующими составляющих спектра. Для упрощения процесса сравнения данных (необходимо выполнять большое количество однообразных расчетов зубцовых частот f_z, частот вращения валов f_0 и поиск их значения на спектре) был разработан и реализован алгоритм, позволяющий по значениям входной частоты рассчитать частоты вращения колес, а также 2-х кратные и 3-х кратные частоты и графически сравнить значения соответствующих гармоник (рис. 2).

По итогам проведенных расчётов при сравнении шума коробки скоростей, имеющей колесо без дефектов, с дефектом в виде скола 25%, 50%, 75% и колесо без зуба, можно сделать вывод, что имеется зависимость акустического сигнала от величины дефекта. С ростом дефекта уровень сигнала возрастает, это наиболее наглядно показывает вторая гармоника частоты вращения дефектного колеса (рис. 3). Однако значения, при общей тенденции увеличения уровня сигнала, для 25%, 50% и 75% дефекта не сильно различаются, что даёт основания говорить о том, что точное определение величины дефекта в реальных условиях будет затруднено, хотя общее отклонение от нормального состояния вполне диагностируемо.

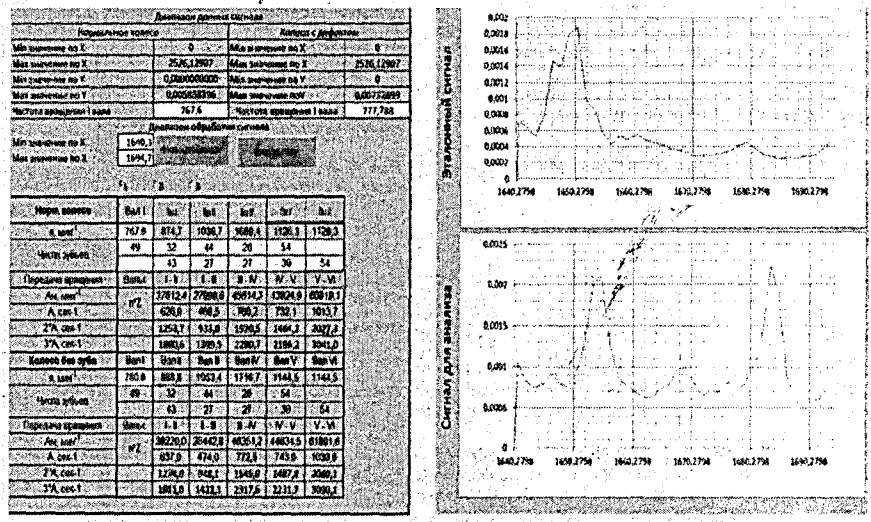


Рисунок 2 – Вид интерфейса программы расчета виброакустических параметров

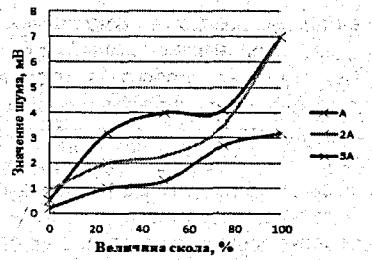
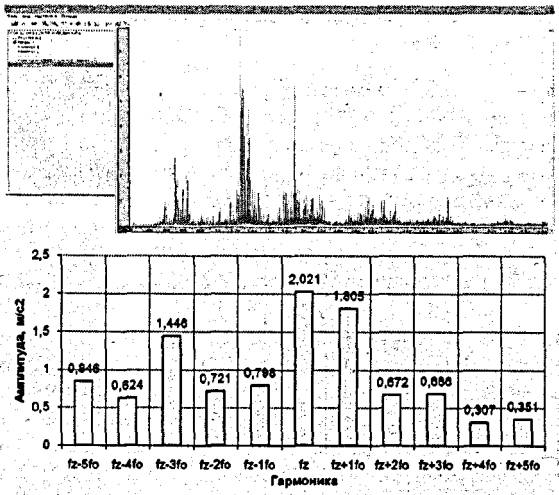


Рисунок 3 – Графики зависимости зубцовых гармоник шума от величины дефекта

Принимая во внимание то, что реальные объекты, как правило, имеют в своем составе не один, а целый ряд источников виброакустических явлений, для них всегда достаточно проблематично производить сопоставление частот проявления источников вибраций с проявлениями на спектрах. Поэтому предприняты попытки упростить обработку результатов измерений путем решения программными средствами следующих задач:

- формирование выборки нужных данных о важнейших гармониках спектра (амплитуда, частота) автоматически для каждого колеса привода;
- определение таких интегральных показателей, как сумма всех оборотных f_o, зубцовых f_z и комбинированных гармоник $f_z \pm f_o$, что несет в себе важную диагностическую информацию;
- представление данных в свободном формате, что предусматривает возможности расчета и других, в том числе и статистических показателей. По данным форм возможно автоматическое построение графиков, наглядно отображающих распределение значащих амплитуд и другие преобразования.

Пример реализации данного подхода проиллюстрирован на рисунке 4.



а – общий вид спектра акустического шума в области частот до 5 кГц с высоким разрешением;
б – результат обработки исходного спектра в области частот f_z-5f_o до f_z+5f_o
экспериментальной шестерни второго вала z = 43 со сколом зуба

Рисунок 4 – Результаты обработки спектров с высоким разрешением с использованием специальных программных средств

Приведенные экспериментальные данные являются лишь частью проводимой исследовательской работы, но уже сейчас можно говорить о том, что результаты исследований могут быть использованы в практической деятельности для производственных и лабораторных испытаний оборудования с механическими приводами, содержащими зубчатые передачи, и для дальнейшего развития методов диагностики. Перспективным направление также может оказаться разработка программного обеспечения, способного сравнивать эталонные сигналы механизма, с текущими характеристиками, предоставляя при этом информацию о динамике изменения виброакустических сигналов определенных узлов механизма.

Список цитированных источников

1. Robert Bond Randall, Vibration-based Condition Monitoring. – School of Mechanical and Manufacturing Engineering, University of New South Wales, Australia: Wiley, 2011. – 289 с.

2. C. Scheffer, Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance. – Pondicherry, India: Newnes, 2004. – 255 с.

3. Клюев, В.В. Неразрушающий контроль: справоч. в 7 т. Вибродиагностика / Ф.Я. Балицкий [и др.]. – М.: Машиностроение, 2005. – Т.7. – Кн.2.

4. Разработка макетного образца компьютерной системы для проведения оценки качества изготовления и технического состояния зубчатых приводов с использованием высокоэффективных компонентов и новейших информационных технологий: отчет о НИР (промежуточный) / БрГТУ; рук. НИР Драган А.В. – Брест, 2007. – 55 с. – № ГБ 06/615 / № госрегистрации 20062631.

УДК 621.81.001.63

Киничук А.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Санюкевич Ф.М.

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И СИЛОВОЙ РАСЧЕТЫ ПЛАНЕТАРНЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Передаточное отношение планетарной зубчатой передачи обозначают буквой *i* с индексами, например $i_{13}^{(H)}$. Нижние индексы при *i* показывают ведущее и ведомое звено, т.е. направление передачи движения. Верхний индекс, заключённый в скобках, указывает неподвижное звено, относительно которого рассматривается движение.

Для определения передаточного отношения рассмотрим дифференциальную планетарную передачу, у которой три основных звена имеют положительные угловые скорости ω_1, ω_3, ω_H. Сообщим мысленно дифференциальной передаче вращение в обратном направлении с угловой скоростью водила ω_H. Тогда основные звенья будут иметь скорости $\omega_1 - \omega_H$; $\omega_3 - \omega_H$; $\omega_H - \omega_H = 0$. Водило H оказалось неподвижным. Такой метод мысленной остановки водила дифференциальной планетарной передачи называется методом Виллиса.

В результате мысленной остановки водила H вместо дифференциальной планетарной передачи получили обычную простую непланетарную передачу, в которой сателлиты 2 становятся паразитными зубчатыми колёсами, не влияющими на её передаточное отношение. Такую передачу называют обращённым механизмом. Для этого механизма при ведущем центральном зубчатом колесе 1, ведомом центральном колесе 3 и мысленно остановленном водиле H передаточное отношение в соответствии с формулой Виллиса имеет вид:

$$i_{13}^{(H)} = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_3 - \omega_H} = \left(-\frac{z_2}{z_1}\right)\left(\frac{z_3}{z_2}\right) = -\frac{z_3}{z_1}, \qquad (1)$$

где через *z* обозначены числа зубьев соответствующих зубчатых колёс.

Передаточное отношение $(-\frac{z_2}{z_1})$ имеет знак минус для внешнего зацепления (разное направление угловых скоростей ω_1 и ω_2), а передаточное отношение $(\frac{z_3}{z_2})$ имеет знак плюс для внутреннего зацепления (одинаковое направление угловых скоростей ω_2 и ω_3).

Таким образом, по формуле (1) вычисляют передаточное отношение планетарной зубчатой передачи, у которой неподвижно водило H ($\omega_H = 0$), центральное зубчатое колесо 1 является ведущим, а центральное зубчатое колесо 3 – ведомым.

Формула (1), записанная в виде

$$\frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_3 - \omega_H} = -\frac{z_3}{z_1},$$

широко используется [1-5] для определения передаточного отношения планетарной зубчатой передачи при любом остановленном основном звене и любом направлении передачи движения.

Учитывая, что планетарная зубчатая передача с одновенцовыми сателлитами, выполненная по схеме 2К – Н, получила наибольшее распространение, запишем в окончательном виде формулы передаточного отношения i этой передачи для всех возможных вариантов её работы в режиме, когда одно звено является ведущим, другое – ведомым, а третье звено неподвижно, т.е. заторможено:

$$i_{13}^{(H)} = -\frac{z_3}{z_1};$$

$$i_{31}^{(H)} = \frac{1}{i_{13}^{(H)}} = -\frac{z_1}{z_3}; \quad (2)$$

$$i_{1H}^{(3)} = 1 - i_{13}^{(H)} = 1 + \frac{z_3}{z_1}; \quad (3)$$

$$i_{H1}^{(3)} = \frac{1}{i_{1H}^{(3)}} = \frac{z_1}{z_1 + z_3}; \quad (4)$$

$$i_{3H}^{(1)} = 1 - i_{31}^{(H)} = 1 + \frac{z_1}{z_3}; \quad (5)$$

$$i_{H3}^{(1)} = \frac{1}{i_{3H}^{(1)}} = \frac{z_3}{z_1 + z_3}. \quad (6)$$

В качестве **дифференциальной планетарной зубчатой передачи**, называемой **дифференциалом**, как правило, служат планетарные передачи, также выполненные по схеме 2К – Н. Звенья дифференциальной планетарной передачи подвижны и вращаются вокруг основной оси, двигаясь параллельно некоторой неподвижной плоскости. Для этих звеньев справедливы равенства:

$$\left.\begin{aligned} \omega_3 &= i_{31}^{(H)}\omega_1 + i_{3H}^{(1)}\omega_H; \\ \omega_1 &= i_{13}^{(H)}\omega_3 + i_{1H}^{(3)}\omega_H; \\ \omega_H &= i_{H1}^{(3)}\omega_1 + i_{H3}^{(1)}\omega_3; \\ \omega_2 &= i_{21}^{(H)}\omega_1 + i_{2H}^{(1)}\omega_H. \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

Уравнения (7) используют для определения угловых скоростей звеньев дифференциала.

Рассмотрим одноступенчатую дифференциальную планетарную зубчатую передачу с одновенцовыми сателлитами, выполненную по схеме 2К – Н. Этот механизм имеет три основных выходных звена: 1, 3 и Н. Обозначим вращающие моменты на этих звеньях через T_1, T_3 и T_H, а угловые скорости соответственно через ω_1, ω_3 и ω_H.

При установившемся движении планетарная передача, состоящая из трёх основных звеньев 1, 3 и Н, находится в равновесии и для неё можно написать два очевидных уравнения:

по условию равновесия $$T_1 + T_3 + T_H = 0;$$ (8)

по условию сохранения энергии $$T_1\omega_1 + T_3\,\omega_3 + T_H\omega_H = 0.$$ (9)

В этих уравнениях вращающим моментам T и их произведениям на угловые скорости T_ω приписывают знак плюс при совпадении направлений T и ω (ведущие звенья) и знак минус, если они противоположны (ведомые звенья). Кроме того, в формуле (9) пока не учтены потери на трение, учитываемые КПД η.

Два уравнения (8) и (9) позволяют определить два неизвестных момента T при одном заданном и известных ω. Обычно задан момент на ведущем (входном) или ведомом (выходном) валах передачи.

При $\omega_3 = 0$ (колесо 3 соединено с неподвижным корпусом) имеем:

$$T_1\,\omega_1 + T_H\omega_H = 0$$

и

$$T_H = -T_1\frac{\omega_1}{\omega_H} = -T_1 i_{1H}^{(3)},$$ (10)

где $i_{1H}^{(3)} = 1 + \frac{z_3}{z_1}$.

Если учесть потери на трение путём введения КПД $\eta_{1H}^{(3)} = 0{,}97$ при передаче движения от ведущей центральной шестерни 1 к ведомому водиле Н, то получим

$$T_H = -T_1\, i_{1H}^{(3)}\, \eta_{1H}^{(3)}.$$ (11)

Согласно уравнению (8) условие равновесия запишем в виде

$$T_1 + T_3 + \left(-T_1 i_{1H}^{(3)}\,\eta_{1H}^{(3)}\right) = 0.$$

Отсюда

$$T_3 = T_1\left(i_{1H}^{(3)}\,\eta_{1H}^{(3)} - 1\right).$$ (12)

Таким же образом можно получить формулу для определения вращающего момента на центральном колесе 3 при известном вращающем моменте T_H на водиле (на выходном валу планетарной передачи):

$$T_3 = -T_H\left(1 - \frac{1}{i_{1H}^{(3)}\,\eta_{1H}^{(3)}}\right).$$ (13)

При этом, вращающий момент T_3 мало отличается от момента T_H на выходном валу. Например, при $T_H = -450$ Н м, $i_{1H}^{(3)} = 10$ и $\eta_{1H}^{(3)} = 0{,}97$ $T_3 = 405$ Н·м.

Таким образом, при больших значениях $i_{1H}^{(3)}$ в приближённых расчётах можно принимать $T_3 = -T_H$.

Для двухступенчатой планетарной зубчатой передачи с двухвенцовыми сателлитами условие равновесия и условие сохранения энергии имеют вид:

$$T_1 + T_4 + T_H = 0;$$ (14)

$$T_1\omega_1 + T_4\,\omega_4 + T_H\omega_H = 0.$$ (15)

При $\omega_4 = 0$ (колесо 4 соединено с неподвижным корпусом) имеем:

$$T_1\,\omega_1 + T_H\omega_H = 0$$

и

$$T_H = -T_1\frac{\omega_1}{\omega_H} = -T_1 i_{1H}^{(4)},$$ (16)

где $i_{1H}^{(4)} = 1 + \frac{z_2}{z_1}\cdot\frac{z_4}{z_3}$.

С учётом потерь на трение ($\eta_{1H}^{(4)} = 0{,}96$)

$$T_H = -T_1\, i_{1H}^{(4)}\,\eta_{1H}^{(4)}.$$ (17)

Далее по аналогии с рассмотренной выше одноступенчатой планетарной передачей с одновенцовыми сателлитами определяется вращающий момент T_4 на центральном колесе 4:

$$T_4 = T_1 \left(i_{1H}^{(4)} \eta_{1H}^{(4)} - 1 \right) \quad (18)$$

или

$$T_4 = -T_H \left(1 - \frac{1}{i_{1H}^{(4)} \eta_{1H}^{(4)}} \right). \quad (19)$$

Список цитированных источников

1. Иванов, М.Н. Детали машин / М.Н. Иванов, В.А. Финогенов. – М.: Высш. шк., 2010. – 408 с.
2. Курмаз, Л.В. Детали машин. Проектирование / Л.В. Курмаз, Л.В. Скойбеда. – Мн.: УП «Технопринт», 2002. – 290 с.
3. Дунаев, П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 496 с.
4. Детали машин / Л.А. Андриенко, Б.А. Байков, И.К. Ганулич [и др.]; под ред. О.А. Ряховского. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004. – 520 с.
5. Скойбеда, А.Т. Детали машин и основы конструирования / А.Т. Скойбеда, А.В. Кузьмин, Н.Н. Макейчик. – Мн.: Высш. шк., 2000. – 584 с.

УДК 5-39.38

Русецкий Э.В.

Научный руководитель: доцент Хвисевич В.М.

РАСЧЁТ ТОНКОСТЕННЫХ ОБОЛОЧЕК, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ АНАЛИЗ

Введение

В инженерной практике широко применяются оболочки в виде цилиндров, шаров, конусов или их комбинаций. Задачей расчета на прочность – жёсткость таких оболочек является определение напряжений и деформаций в их стенках под действием заданных внутренних нагрузок. Данная задача может быть решена двумя методами:

а) применением безмоментной (мембранной) теории оболочек;

б) применением моментной теории.

Так как у тонкостенных оболочек отношение толщины стенки к диаметру очень мало, то они плохо приспособлены к работе на изгиб, потому что относительно малые изгибающие моменты вызывают в них значительные напряжения и прогибы.

Наличие чисто изгибного типа напряжений опасно и технологически невыгодно для тонкостенных оболочек. Поэтому их всегда стараются избежать, выбирая соответствующую форму аппарата, определенным образом закрепляя его края и т.п. Если кривизна оболочки, ее толщина или нагрузка изменяются скачкообразно, то это приводит к наличию в точках изменения перерезывающих сил и изгибающих моментов, а это приводит к отказу от безмоментной теории [4].

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Моментная теория применяется в случае нагружения тонкостенных сосудов краевыми силами и моментами (краевая задача). Причины появления краевых сил и моментов следующие:

а) разная жесткость соединяемых частей сосуда, заделка края оболочки в недеформируемое основание (фланец, трубная доска), насаживание на обечайку бандажа;

б) сопряжение оболочек в стыковом сечении под углом (например, цилиндр – конус);

в) внезапное изменение по меридиану какого-либо силового или физического параметра.

Определение усилий, моментов и напряжений, возникающих под действием краевых сил и моментов, составляет цель краевой задачи.

Рассмотрим в качестве примера сопряжение цилиндра и конуса.

В сечении а – а (рис. 1а) при нестесненной деформации и нагрузке р перемещения выразятся таким образом:

а) для цилиндра

$$\Delta r = \frac{r}{E}\left(\sigma_2^{ц} - \sigma_1^{ц}\right) = \frac{pr^2}{Es_{ц}}\left(1 - \frac{\mu}{2}\right); \quad (1)$$

б) для конуса

$$\Delta R = \frac{R}{E}\left(\sigma_2^{К} - \sigma_1^{К}\right) = \frac{pR^2}{Es_{К}}\left(1 - \frac{\mu}{2}\right). \quad (2)$$

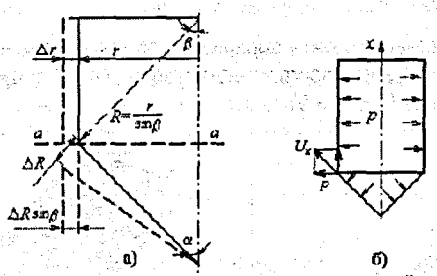


Рисунок 1 – Перемещения, вызванные внутренней нагрузкой

В общем случае $\Delta r \neq \Delta R\sin\beta$, что при свободной упругой деформации вызывает относительный сдвиг в сечении а – а. Связанность оболочек не дает им свободно деформироваться, что приводит к местному изгибу на уровне сечения а – а.

Вторая причина – возникновение перерезывающей силы Р как проекции меридиональной силы в конусе на плоскость, перпендикулярную оси цилиндра. По месту краевого эффекта кроме меридиональных и кольцевых сил, рассчитанных по безмоментной теории, появляется изгиб оболочки, создающий изгибающие моменты, поперечные силы и дополнительные меридиональные и кольцевые силы [4].

Для исследования возьмём тонкостенную оболочку заданной формы и размеров (рис. 2). Оболочка сложной формы с сопряжением конуса и цилиндра. Во время расчёта примем жесткое закрепление по верхнему краю оболочки [1].

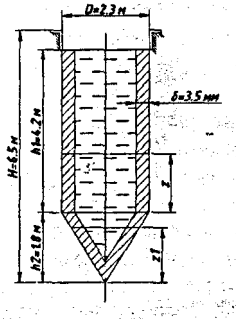


Рисунок 2 – Расчётная схема

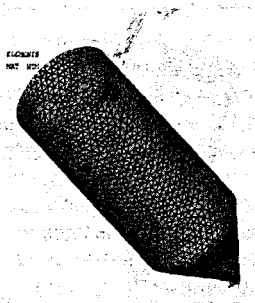


Рисунок 3 – Разбиение на конечное количество элементов в ANSYS

2. РАСЧЁТ ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧИ В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ ANSYS

Программа ANSYS предлагает широкий спектр возможностей конечного элементного анализа, начиная от простого линейного стационарного анализа и заканчивая комплексным нелинейным анализом переходных процессов. Решение типичной для ANSYS задачи включает следующие три этапа:

1. Построение модели.
2. Задание нагрузок и получение решения.
3. Обзор результатов [2].

Примем материал оболочки Ст-3 с плотностью 7800 кг/м^3 и коэффициентом Пуассона 0,29. Модуль Юнга примем 2.1e11.

Давление воды зададим функцией гидростатического давления (формула 3) [1]

$$P = rgh. \qquad (3)$$

Так же зададим собственный вес ускорением свободного падения.

В результате исследований в программном пакете ANSYS получены изображения перемещений и напряжений (рис. 4 и 5).

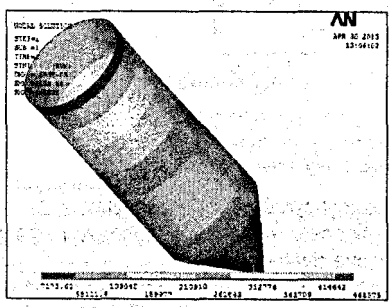


Рисунок 4 – Распределение напряжений

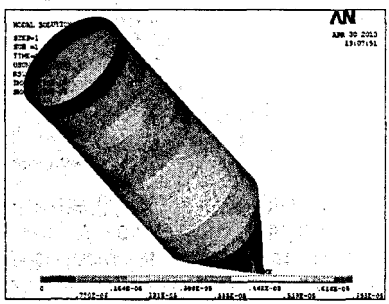


Рисунок 5 – Распределение перемещений

Программный пакет ANSYS позволяет производить не только структурный анализ. В этом случае стоит в первую очередь произвести температурный анализ, а потом результат температурного анализа преобразовать в структурный. Дальше расчёт идёт аналогично при том же давлении. Полученны перемещения и напряжения при температурном анализе (рис. 6 и 7)[3].

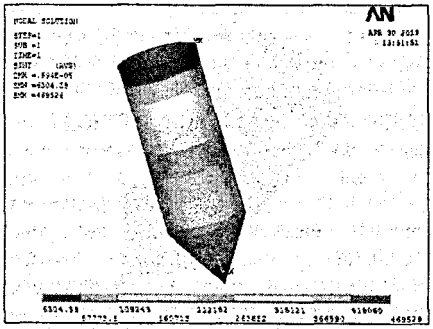


Рисунок 6 – Распределение напряжений

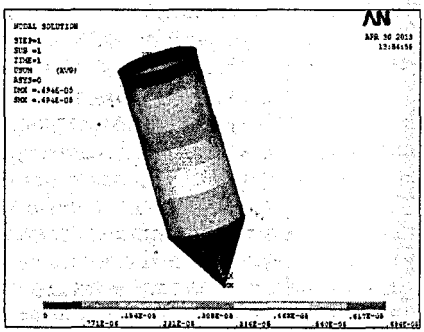


Рисунок 7 – Распределение перемещений

Заключение

В данной работе были исследованы возможности программного пакета ANSYS на примере задачи по расчёту тонкостенной оболочки. Расчёт данной задачи трудоёмок вследствие возникающих изгибающих моментов. Аналитический расчёт данной задачи трудоёмок из-за возникновения краевого момента в месте крепления и месте сопряжения конуса и цилиндра [2, 3].

Изображения полученные в ANSYS, позволяют сделать вывод о прочности и жесткости конструкции, подобрать необходимую толщину оболочки и дать рекомендации по конструкции. По изображениям видно, что в месте сопряжения конуса и цилиндра нужно установить кольцо, чтобы конструкция не потеряла жесткость.

Список цитированных источников

1. Любощиц, М.И. Справочник по сопротивлению материалов / М.И. Любощиц, Г.М. Ицкович. – Мн.: Вышэйшая школа, 1969. – 340 с.

2. Конюхов, А.В. Основы анализа конструкций в ANSYS. – Казань, 2001.

3. Руководство по основным методам проведения анализа в программе ANSYS.

4. Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли. Часть 1: Тонкостенные сосуды и аппараты химических производств: учебное пособие. – Томск, 2003.

УДК 621.906-529

Фу Чао (КНР)

Научный руководитель: доцент Медведев О.А.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА СВЕРЛЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМАЛЬНОЙ ТРУДОЕМКОСТИ

При проектировании высокопроизводительных технологических операций большое значение имеет определение оптимальных режимов резания, обеспечивающих минимально возможное, в данных условиях, значение основного времени. Поэтому математическая зависимость основного времени от параметров режима резания может использоваться в качестве функции (критерия) оптимизации. Для сверления отверстий спиральными сверлами основное время определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot s}, \qquad (1)$$

где L – путь резания, мм; n – частота вращения заготовки или инструмента, мин $^{-1}$; s – оборотная подача, мм/об.

Теоретически, минимум основного времени будет достигнут при бесконечно больших значениях n и s, но реализовать такие режимы невозможно, ввиду действия ряда ограничений на параметры режима резания: по стойкости режущего инструмента; по мощности привода главного движения сверлильного станка; по предельным паспортным частотам вращения и подачам шпинделя станка; по предельно допустимой силе привода подач станка и др.

Для определения реальных оптимумов n и s, удовлетворяющих всем указанным ограничениям, необходимо выразить эти ограничения в виде математических неравенств и решить их численно или графически совместно с функцией оптимизации.

Ограничение по стойкости режущего инструмента можно получить из эмпирической формулы для расчета скорости резания при сверлении (2) и выражения взаимосвязи скорости резания с частотой вращения сверла (3) [1].

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y}, \quad (2)$$

где C_v – параметр обрабатываемости; D – диаметр сверла, мм; T – нормативная стойкость сверла, мин; s -оборотная подача, мм/об; K_v – поправочный коэффициент; m, y – показатели степени.

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (3)$$

где D – диаметр сверла, мм; n – частота вращения сверла, мин$^{-1}$.

Приравняв (2) и (3), получим ограничение на n и s по стойкости сверла

$$n \cdot s^y \le \frac{1000 \cdot C_v \cdot D^q \cdot K_v}{\pi \cdot D \cdot T^m}. \quad (4)$$

Ограничение по мощности получим на основе эмпирической формулы (5) для расчета крутящего момента при сверлении, формулы (6) для расчета эффективной мощности резания [1] и соотношения (7) между мощностью электродвигателя привода главного движения станка и эффективной мощностью резания и коэффициентом полезного действия привода:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p, \quad (5)$$

где C_M – параметр обрабатываемости; D – диаметр сверла, мм; s – оборотная подача сверла, мм/об; y, q – показатели степени; K_p – поправочный коэффициент на силу и момент резания.

$$N_э = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, кВт; \quad (6)$$

$$N_э \le N \cdot \eta, \quad (7)$$

где η – кпд привода главного движения станка.

Подставив (5) в (6), затем полученное выражение для Nэ в (7), после преобразований получим ограничение на n и s по мощности привода главного движения станка:

$$n \cdot s^y \le \frac{975 \cdot N \cdot \eta}{C_M \cdot D^q \cdot K_p}. \quad (8)$$

Ограничения по предельным паспортным частотам вращения шпинделя n_{min} и n_{max} и предельным паспортным оборотным подачам сверлильного станка s_{min} и s_{max} выразим следующими неравенствами:

$$n \ge n_{min}, \quad (9)$$

$$n \le n_{max}, \quad (10)$$

$$s \ge s_{min}, \quad (11)$$

$$s \le s_{max}. \quad (12)$$

Ограничение на подачу при сверлении с учетом марки обрабатываемого материала принимаем из нормативов [2].

$$s \le s_T \cdot K_{sm}, \quad (13)$$

где S_T – табличное значение подачи [2]; K_{sm} – поправочный коэффициент на подачу для измененных условий работы в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала.

Ограничение на частоту вращения сверла с учетом обрабатываемого материала, применения охлаждения, состояния поверхности заготовки, марки инструментального материала, формы заточки сверла, длины рабочей части сверла, покрытия инструмента принимаем из нормативов [2].

$$V \le V_T \cdot K_{vm} \cdot K_{vmc} \cdot K_{vw} \cdot K_{vu} \cdot K_{vs} \cdot K_{vl} \cdot K_{vn}, \quad (14)$$

где V_T – табличное значение скорости резания [2]; $K_{vm}; K_{vmc}; K_{vw}; K_{vu}; K_{vs}; K_{vl}; K_{vn}$ – поправочные коэффициенты на скорость резания.

Подставив (14) в (3), после преобразований получим ограничение на n с учетом указанных ранее факторов:

$$n \le \frac{1000 \cdot V_T \cdot K_{vm} \cdot K_{vmc} \cdot K_{vw} \cdot K_{vu} \cdot K_{vs} \cdot K_{vl} \cdot K_{vn}}{\pi \cdot D}. \quad (15)$$

Ограничение на подачу сверла по предельной силе, допускаемой приводом подач сверлильного станка, составим исходя из эмпирической формулы для расчета осевой силы при сверлении [1].

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p \quad (16)$$

где C_p – параметр обрабатываемости; D – диаметр сверла, мм; s – осевая подача сверла, мм/об; y, q – показатели степени; K_p – поправочный коэффициент на осевую силу.

Подставив в уравнение (16) вместо P_o предельную допустимую силу P_T привода подач сверлильного станка, указанную в его паспорте, получим ограничение на s по силе подачи:

$$s^y \le \frac{P_T}{10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot K_p}. \quad (17)$$

Чтобы иметь возможность использовать наглядные и простые графические методы линейного программирования для определения реальных оптимумов n и s, нужно привести все ограничения и функцию оптимизации к линейному виду путем логарифмирования. Для упрощения записи ограничений в линейном виде примем следующие обозначения:

$$E = \ln n; \quad F = \ln s; \quad H_i, \quad (18)$$

где H_i – натуральный логарифм правой части i-го ограничения, не содержащей n и s.

Функцию оптимизации перед логарифмированием представим в более удобном виде:

$$n \cdot s = \frac{L}{T_o}. \quad (19)$$

Все ограничения (4), (8), (9), (10), (11), (12), (13), (15), (17) и функцию оптимизации (19) после логарифмирования и подстановки принятых обозначений объединим в систему неравенств (20).

$$\begin{aligned} &I)\ E + y \cdot F \le H_1, \quad && IV)\ E \le H_4, && VII)\ F \le H_7, \\ &II)\ E + y \cdot F \le H_2, && V)\ F \ge H_5, && VIII)\ E \le H_8, \quad X)\ E + F = \max. \\ &III)\ E \ge H_3, && VI)\ F \le H_6, && IX)\ y \cdot F \le H_9, \end{aligned} \quad (20)$$

По виду линейной функции оптимизации (после логарифмирования) можно сделать вывод, что ее график будет представлять собой прямую линию, расположенную под углом 45° к осям координат E и F. Чем больше значение правой части функции, тем больше координаты точек пересечения ее графика с осями E и F.

Графическое определение оптимумов n и s можно выполнить следующим образом. На плоскости в системе координат E и F строят графики всех линейных ограничений из системы (20), кроме функции оптимизации (последнее выражение в системе). Эти прямые линии образуют замкнутую область, любая точка которой соответствует допустимым значениям n и s по всем ограничениям. Реальному оптимальному режиму резания будет соответствовать та точка допустимой области (включая ее границы), координаты E_{max} и F_{max}, которой приведут к допустимому максимуму правой части линейной функции

оптимизации. Очевидно, что это будет точка касания допустимой области с прямой линией, проведенной под углом 45° к осям координат E и F и примыкающей к этой области справа или сверху. Реальные оптимальные значения параметров режима резания определяются потенцированием:

$$n_{max} = e^{E\,max}; \quad (21)$$

$$s_{max} = e^{F\,max}. \quad (22)$$

В качестве примера, поясняющего применение предлагаемой методики оптимизации режимов сверления, на рисунке 1 представлены графики ограничений и функции оптимизации, полученные для следующих условий сверления: вид заготовки – толстолистовой прокат; материал заготовки – сталь 20Х13; диаметр сверла D = 14 мм; длина сверления L = 3 0 мм; точность диаметра после обработки – по 14 квалитету; сверление выполняется на вертикально-сверлильном станке с ЧПУ модели 2Р135Ф2.

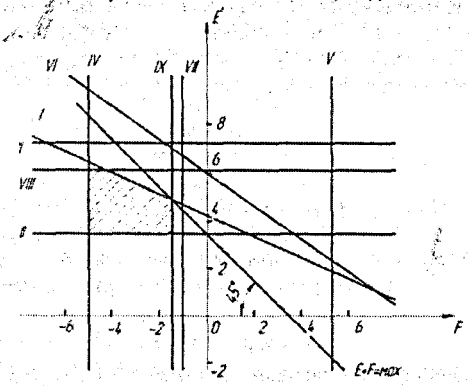


Рисунок 1 – Графическое определение оптимальных режимов сверления по критерию минимальной трудоемкости

Таким образом, предлагаемая методика позволяет учесть наиболее существенные характеристики технологической системы сверлильного станка и определить приемлемые режимы сверления, обеспечивающие максимально возможную производительность обработки в данных условиях.

Список цитированных источников

1. Справочник технолога машиностроения: в 2-х т. / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Суслова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001.

2. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. – М.: Экономика, 1990. – Часть 2.

УДК 621

Халецкий Е.А.

Научный руководитель: ст. преподаватель Добрияник Ю.А.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Значительное влияние состояния поверхностного слоя деталей машин на их основные эксплуатационные свойства, а также вида и режимов механической обработки на отдельные характеристики состояния поверхностного слоя (высоту шероховатости

форму и направление неровностей, микротвердость поверхностного слоя, глубину распространения наклепа, величину и глубину распространения остаточных напряжений) предопределяет зависимость эксплуатационных качеств деталей от технологии их механической обработки.

Технологической наследственностью называется перенесение на готовое изделие в процессе его обработки погрешностей, механических и физико-химических свойств исходной заготовки или свойств и погрешностей, сформировавшихся у заготовки на отдельных операциях изготовления изделия [1].

Изменение видов и режимов механической обработки оказывает воздействие на отдельные характеристики состояния поверхностного слоя, а соответственно, и на эксплуатационные свойства деталей. В этом смысле уместно говорить о существовании технологической наследственности состояния поверхностного слоя и определяемых им эксплуатационных свойств деталей от отдельных технологических операций и всего технологического процесса их изготовления [2].

Обычно технологическая наследственность рассматривается ограничительно на последней завершающей операции, хотя формируется она во время протекания всего технологического процесса. Известно, что она представляет собой явление переноса свойств заготовок, деталей и их сборки от всех технологических переходов и операций между собой, как взаимное технологическое воздействие, которое сказывается при эксплуатации на показатели качества изделия. При этом сила воздействия технологических факторов на эксплуатационные свойства будет различной. Влияние одних может усиливаться, других – ослабевать. Можно отметить существование своеобразных барьеров, которые по-разному преодолеваются разными факторами. К таким барьерам можно отнести термические и упрочняющие операции, выхаживание при шлифовании и т.п. Наибольший интерес представляет влияние операций поверхностного упрочнения деталей на ослабление воздействия вредных факторов технологической наследственности [3]. Так, например, поверхностный наклеп устраняет микротрещины, выравнивает физико-механические свойства, структурные неоднородности, устраняет повышенные напряжения, концентраторы напряжений и т.п. Поэтому при разработке технологических процессов должны вводиться операции, препятствующие воздействию вредных факторов.

При изготовлении изделий главное внимание уделяется технологическому обеспечению эксплуатационных свойств деталей и их соединений. Под главными эксплуатационными свойствами деталей и их соединений понимается контактная жесткость, износостойкость, прочность посадок, коррозионная стойкость и динамическая контактная прочность, фреттингстойкость, теплопроводность. Технологическое обеспечение контактной жесткости базируется на уравнениях взаимосвязи конкретных поверхностей деталей с условиями их обработки. Технология имеет широкие возможности ее повышения за счет выбора правильных методов и видов обработки деталей. Повышение контактной жесткости можно достичь также за счет оптимизации режимов резания и учета технологической наследственности [4].

Технологическое обеспечение и повышение износостойкости деталей достигается технологическим определением оптимальных параметров качества поверхностного слоя в соответствии с условиями эксплуатации. Для этого применяется отделочно-упрочняющая обработка, в особенности новые методы поверхностно-пластической деформации, например, электромеханическая обработка и т.п. Основой упрочнения поверхности является сочетание термического и силового воздействия на поверхностный слой обрабатываемой детали.

Следующим способом повышения износостойкости является нанесение специальных покрытий. Технологическое обеспечение и повышение герметичности соединений про-

водится путем назначения требуемых параметров контактных поверхностей, которые обеспечивают нужную герметичность, а затем разработкой технологического процесса, что позволит получить указанные параметры.

Основным способом обработки различных конфигураций уплотнительных поверхностей являются точение, шлифование и притирка. При этом большое значение имеет влияние направления и параметры микронеровностей (поперечный, продольный, косой), форма контактных поверхностей, схемы их контакта.

Технологическое обеспечение и повышение сопротивления усталости деталей связаны с пластической деформацией, при которой протекают различные взаимодействия дислокаций скопления вакансий и зарождения усталостной трещины. Заключается оно в применении наклепа поверхностного слоя деталей, повышающего усталостную стойкость на 25-30% созданием преград увеличению существующих и возникновению новых усталостных трещин. Известно также положительное влияние остаточных напряжений сжатия (увеличивают предел выносливости сталей на 50%), а также шероховатости (для отожженной стали 45 уменьшение предела выносливости с 285 до 200 МПа при увеличении шероховатости *Ra* 3,2 до *Ra* 75 мкм). Появление усталостных трещин имеет дислокационную природу, поэтому для более широкого применения методов технологического управления усталостной прочностью деталей необходимы дальнейшие исследования закономерностей формирования основных физических параметров поверхностного слоя для различных технологических операций [3].

Технологическим обеспечением и повышением прочности соединений с натягом можно управлять за счет изменения коэффициента трения в посадке и геометрических параметров сопрягаемых поверхностей деталей. Повышение прочности соединений достигается разными способами и методами, одним из которых является вибронакатывание деталей с получением винтовых микрошлицов. Изменением режимов процесса можно технологически управлять прочностью соединений. Вибронакатывание повышает прочность прессовых соединений на 20% по сравнению со шлифованием. Наибольшее влияние на передаваемый крутящий момент оказывает амплитуда осцилляции, что объясняется появлением на поверхности бала технологической волнистости. Увеличение такой амплитуды уменьшает передаваемый момент [5]. Большое влияние на величину крутящего момента имеет также усилие вибронакатывания и диаметр шариков.

В общем, можно отметить влияние часто используемой лезвийной и абразивной обработки на эксплуатационные свойства деталей. Основными технологическими факторами, которые предопределяют такое влияние, является подача и жесткость технологической системы, при алмазно-абразивной – подача и зернистость, а при пластической – рабочее давление и приведенный радиус инструмента Наибольшими возможностями повышения эксплуатационных свойств деталей наделены методы отделочно-упрочняющей обработки поверхностно-пластической деформацией.

Технологическая наследственность зависит не только от вида и режимов обработки, примененных на чистовой операции. Она может проявиться в изменении свойств или потери точности формы готовой детали при ее эксплуатации в результате воздействия тех или иных элементов состояния поверхностного слоя, созданных в поверхностном слое детали при ее черновой обработке.

Была поставлена ***следующая задача***: выяснить, как будет изменяться твердость поверхностного слоя образцов из стали ХВГ (инструментальная сталь повышенной прокаливаемости) в зависимости от режимов обработки при точении.

Данная сталь характеризуется повышенным содержанием марганца, при нормальном содержании кремния (таблица 1). Это приводит при закалке к увеличению количества остаточного аустенита и уменьшению деформации.

Инструмент из этих сталей закаливается в масле (при ступенчатой закалке – в соли) и прокаливается насквозь. Меньшая скорость охлаждения при закалке уменьшает опасность образования трещин, деформации и коробления, к чему склонны углеродистые инструментальные стали. Это очень важно для многих видов инструментов, имеющих сложную конфигурацию.

Таблица 1 – Химический состав стали ХВГ

Массовая доля элементов, %				
C	Mn	Si	Cr	W
0,9-1,0	0,8-1,0	0,15-0,35	0,9-1,2	1,2-1,6

Для проведения эксперимента было подготовлено два образца на токарно-винторезном станке (рисунок 1).

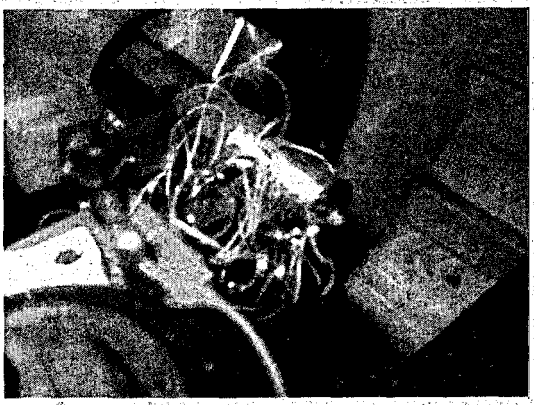


Рисунок 1 – Обтачивание и обработка торцов исследуемых образцов

Образец № 1 (рис. 2) был обработан при следующих режимах резания: n = 910 мин $^{-1}$; t = 0,5 мм; s = 0,608 мм/об; аналогично для образца № 2 (рисунок 3) режимы резания были следующие: n = 910 мин $^{-1}$; t = 0,5 мм; s = 0,106 мм/об.

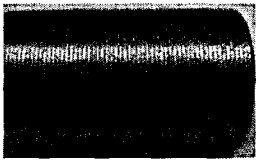


Рисунок 2 – Образец №1

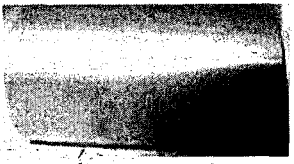


Рисунок 3 – Образец №2

Твердость образцов до закалки измеряли при помощи твердомера ТКМ 459 (рис. 4). Полученные результаты сведем в таблицу 2.

Таблица 2 – Твердость образцов до закалки

	Образец № 1	Образец № 2
Твердость по периферии, $HRC_э$	24,8	22,4
Твердость по торцу, $HRC_э$	23	25,9

Закалку проводили при следующих режимах: температура закалки – 830° С, с выдержкой в печи в течение 30 мин, охлаждением в масле, с последующим низким отпус-

ком при температуре 150° С и охлаждением на воздухе. В итоге была получена следующая микроструктура стали ХВГ (рисунок 5): мартенсит с темными мартенситными иглами и остаточными карбидами различных размеров.

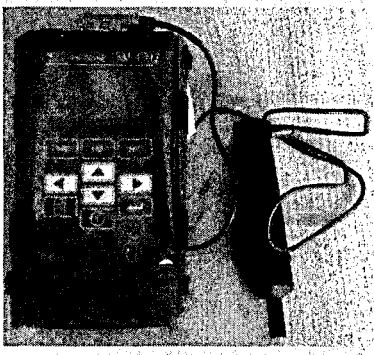


Рисунок 4 – Твердомер ТКМ 459

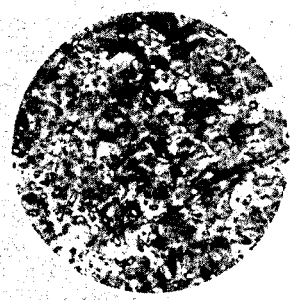


Рисунок 5 – Микроструктура стали ХВГ (увеличено х1000)

Твердость образцов после закалки и отпуска сведем в таблицу 3.

Таблица 3 – Твердость образцов после закалки и низкого отпуска

	Образец № 1	Образец № 2
Твердость по периферии, $HRC_э$	56,3	55,4

Далее 2 образца были прошлифованы на круглошлифовальном и плоскошлифовальном станках без применения СОЖ, с последующим измерением твердости (таблица 4).

Таблица 4 – Твердость образцов после шлифования

	Образец № 1	Образец № 2
Твердость по периферии, $HRC_э$	62	60,5
Твердость по торцу, $HRC_э$	61,1	60,2

Заключение

В итоге, по результатам эксперимента можно сделать следующий вывод: при шлифовании грубо обточенной и закаленной до 54-56 $HRC_э$ заготовки из стали ХВГ шлифовальный круг создает на участках выступов неровностей поверхности тепловые удары, вызывающие мгновенный нагрев и структурные изменения металла поверхностного слоя, что вызывает вторичную закалку поверхностного слоя исследуемых образцов и ведет к значительному увеличению твердости поверхностного слоя (таблица 4).

Список цитированных источников

1. Качество машин: справочник: в 2 т. / А.Г.Суслов [и др.]; под общей ред. А.Г. Суслова. – М.: Машиностроение, 1995. – 430 с.

2. Суслов, А.Т. Технологическое обеспечение и повышение эксплуатационных свойств деталей и их соединений / А.Т.Суслов [и др.]. – М.: Машиностроение, 2006. – 448 с.

3 Васильев, А.С. Направленное формирование свойств изделий машиностроения / А.С. Васильев [и др.]; под ред. А.И. Кондакова. – М.: Машиностроение, 2005. – 352 с.

4. Суслов, А.Г. Научные основы технологии машиностроения / А.Г. Суслов, А.М. Польский. – М.: Машиностроение, 2002. – 640 с., ил.

5 Машиностроение. Энциклопедия. Технология сборки в машиностроении. / А.А. Гусев [и др.]; под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 2001. – Т.III-5 – 640 с., ил.

ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

УДК 624.04
Алексеев Т.Ю.
Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.

УЧЕБНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА РАСЧЕТА СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ РАМ МЕТОДОМ СИЛ

В современных условиях решение расчетных задач требует, естественно, применения современных компьютеров и компьютерных программ, чтобы облегчить математические вычисления, избавить студента от больших объемов однородных расчетов.

Рассматривается учебная компьютерная программа расчета статически неопределимых рам методом сил, которая разработана как обучающе-исследовательская программа [4], в которой процедура метода сил [1, 2] разделена на две части, одна из которых представляет суть и физические основы метода расчета и работы сооружения, и ее предлагается вычислять вручную, а вторая связана с математической реализацией метода расчета и существенными объемами вычислений и вычисляется компьютерной программой [3].

Программа (рисунок 1) составлена в среде программирования C# (СИ Шарп) [5], работает под управлением операционной системы Windows 7 (для работы на Windows XP и некоторых версиях Windows 7 требуется дополнительная библиотека .Net Framework 4 объемом 50 Мб. Исходный текст программы имеет объем 5 Мб, исполняемый файл MetSil.exe –180 Кб.

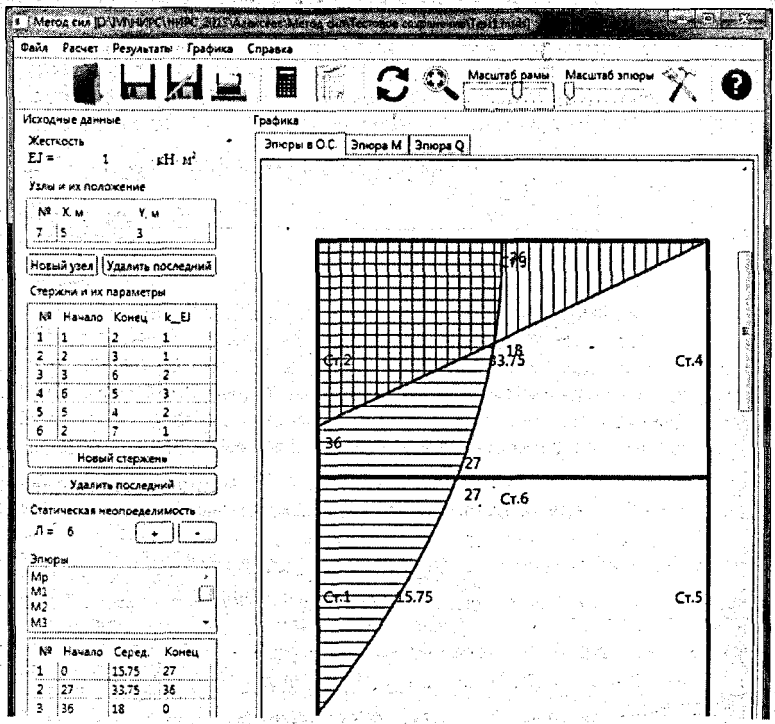


Рисунок 1 – Основное окно программы «MetSil»

Стандартный для Windows удобный и эстетичный графический интерфейс и достаточно развитый сервис делают работу в программе простой и понятной.

Ввод исходных данных осуществляется в основном окне программы, представленном на рисунке 1, в котором показан ввод эпюры M_P для рамы, представленной на рисунке 2, расчетная основная система метода сил для которой ($Л = 5$) изображена на рис. 3.

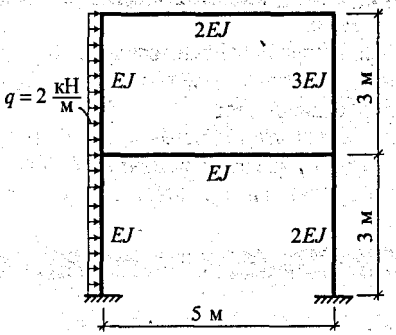


Рисунок 2 – Расчетная схема рамы

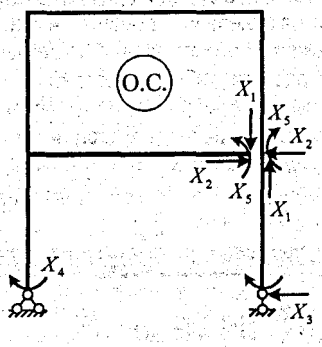


Рисунок 3 – Основная система метода сил

После ввода исходной информации, включающей координаты узлов, привязку стержней, ординаты единичных $(\bar{M}_1, \bar{M}_2, \ldots \bar{M}_Л)$ и грузовой (M_P) эпюр изгибающих моментов, программу можно запустить на расчет – появляется окно (рисунок 4), в котором необходимо ввести контрольные для программы значения суммарных единичного δ_{ss} и грузового Δ_{sP} перемещений, которые необходимо вычислить предварительно.

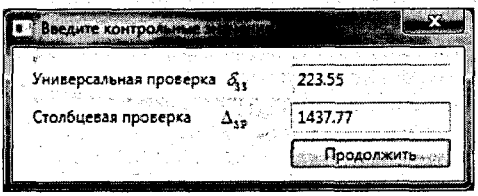


Рисунок 4 – Окно ввода контрольных величин

Если контрольные значения вычислены неверно, то программа выдает соответствующее сообщение.

Если контрольные значения вычислены верно, то программа вычисляет все единичные коэффициенты (δ_{ik}) и свободные члены (Δ_{iP}) системы канонических уравнений метода сил, решает систему канонических уравнений, определяя неизвестные метода сил $X_1, X_2, \ldots X_Л$, и строит окончательную эпюру изгибающих моментов M.

Сервис программы включает в себя следующие возможности:

– диалоговый режим ввода исходной информации, обработки и анализа промежуточных и окончательных результатов решения задачи;

– сохранение в файл как исходных данных, так и результатов расчета;

– вывод на печать исходных данных и результатов расчета как в численном, так и графическом виде;

– масштабирование схем рам и ординат эпюр усилий в окнах графики, изменение размеров этих окон;

– перемещение графических объектов (схем рам, эпюр усилий) с помощью мыши;

– возможность задавать число знаков после запятой на эпюрах усилий в окне графики;

– дублирование управления работой в программе с использованием системы меню, кнопок на панели инструментов и контекстных меню;

– наличие разветвленной системы Помощи, которая содержит следующие разделы: метод расчета, работа с программой, ввод исходных данных, система меню программы, полезные советы, расчет рамы, правила записи ординат эпюр.

Результаты расчета в программе представляются как в табличном, так и в графическом виде – изображается окончательная эпюра изгибающих моментов М. Для рамы, представленной на рисунке 2, окно результатов расчета и окончательная эпюра М показаны на рисунке 5.

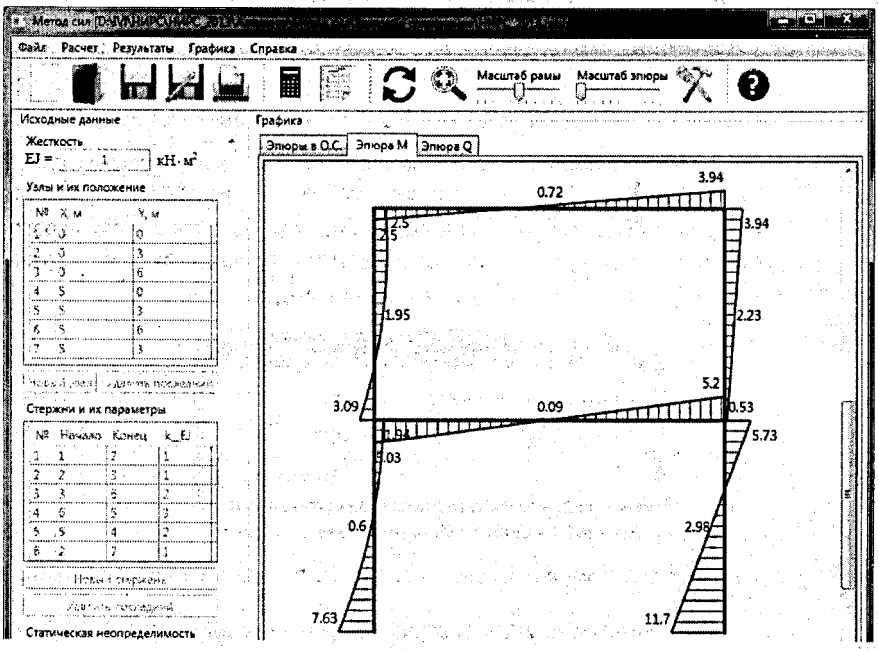


Рисунок 5 – Окончательная эпюра изгибающих моментов

Список цитированных источников

1. Строительная механика: учебное пособие / А.А. Борисевич, Е.М. Сидорович, В.И. Игнатюк. – Минск: БНТУ, 2009. – 756 с.

2. Алексеев, Т.Ю. К расчету статически неопределимых рам методом сил // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов / БрГТУ. – Брест, 2012.

3. Алексеев, Т.Ю. Алгоритм учебной компьютерной программы расчета статически неопределимых рам методом сил // Сборник конкурсных науч. работ студентов и магистрантов / БрГТУ. – Брест, 2012.

4. Игнатюк, В.И. Создание учебных компьютерных программ для курса строительной механики // Вышэйшая школа. – 2001. – № 6. – С. 35–38.

5. C# 4.0: Полное руководство: пер. с англ. – М.: ООО «Вильямс», 2011. – 1056 с.

УДК 624.04
Алексеев Т.Ю.
Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.

АЛГОРИТМ УЧЕБНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ РАМ МЕТОДОМ СИЛ

В современных условиях решение расчетных задач требует, естественно, применения современных компьютеров и компьютерных программ, чтобы облегчить математические вычисления, избавить студента от больших объемов однородных расчетов.

При этом следует иметь в виду, что учебные компьютерные программы должны строиться совсем на других принципах, чем программы просто расчетного и проектно-конструкторского назначения, в которых после ввода исходных данных выполняется расчет и в том или ином виде получаются окончательные результаты решения задачи. Такие программы не обладают никакими обучающими свойствами и не способствуют познанию методов расчета.

В каждом же методе расчета сооружений можно увидеть и выделить две стороны, одна из которых представляет суть и физические основы методов расчета и работы сооружений, а вторая связана с математической реализацией методов расчета и большими (в той или иной степени) объемами вычислений.

Учебные программы должны уменьшать объем ручных вычислений, облегчать трудоемкие вычислительные процессы, не затмевая при этом сущности и принципов методов расчета, должны способствовать изучению этих методов, их физической сути и физических основ работы сооружений, должны представлять также возможности исследования поведения и работы сооружений при изменении их характеристик и параметров и, таким образом должны представлять собой обучающе-исследовательскую систему [3].

Главная сложность при составлении таких программ – найти то соотношение двух сторон в задаче, методе расчета, которое позволяло бы, с одной стороны, максимально облегчить математические вычисления, максимально уменьшить объем ручного счета, а с другой стороны, максимально сохранить сущностно-физическую сторону задач и методов расчета. Решение этой проблемы требует глубокого анализа методов расчета, которые при их реализации в учебных программах следует разделить на две части. Одна из них, менее трудоемкая с вычислительной точки зрения, но несущая в себе суть и физические основы метода и способствующая его изучению и познанию, должна выполняться вручную. Вторая, менее информативная, но более трудоемкая, должна передаваться компьютерной программе. Следует заметить, что это разделение в разных методах расчета может быть совершенно разным, что зависит от процедур методов, а в одном методе расчета на разных его этапах эти части могут взаимно переплетаться друг с другом.

Здесь делается попытка реализовать изложенные подходы при составлении учебной компьютерной программы расчета статически неопределимых рам методом сил для дисциплины «Строительная механика». Предполагается, что программа будет использоваться студентами при выполнении расчетно-проектировочных заданий и в самостоятельной работе при изучении дисциплины «Строительная механика».

Метод сил, как и другие методы расчета сооружений, включает в себя целый ряд процедур и этапов расчета. Часть из этих процедур в большей степени наполнены и отражают суть и физические основы метода расчета и работы сооружения и содержат менее трудоемкие вычисления. Другая же часть больше связана с математической реализацией метода расчета, с большими (в той или иной степени) объемами вычислений,

которые достаточно сложно выполнять без привлечения компьютерной техники и специальных программ.

Кратко процедура расчета методом сил статически неопределимых рам состоит [2] из следующих этапов:

1. Определяется степень статической неопределимости (число «лишних» связей) рамы *Л*. по формулам (1) либо (2).

2. Выбираем расчетную основную систему метода сил.

3. В расчетной О.С. метода сил строим единичные $(\bar{M}_1, \bar{M}_2, \ldots \bar{M}_Л)$ и грузовую (M_P) эпюры изгибающих моментов.

4. Вычисляем все единичные коэффициенты (δ_{ik}) и свободные члены (Δ_{iP}) системы канонических уравнений метода сил; могут быть вычислены и суммарные перемещения δ_{ss} и Δ_{sP}.

5. Решаем систему канонических уравнений и находим неизвестные метода сил X_1, X_2, ... $X_Л$.

6. Строим окончательную эпюру изгибающих моментов *M*.

7. По эпюре *M* строим окончательную эпюру поперечных сил *Q*.

8. Способом вырезания узлов на эпюре *Q* с учетом действующих в узлах внешних нагрузок строим в заданной раме эпюру продольных сил *N*.

В рассматриваемой здесь программе расчета выполняется следующее разделение указанных процедур метода сил на две части.

Вручную предлагается выполнить этапы 1– 3, 7 и 8, которые несут в себе в большей степени физическую суть метода, позволяют более глубоко понять и изучить метод и основные его принципы. Этапы 1–3 позволяют закрепить навыки определения числа лишних связей, выбора рациональных расчетных О.С. метода сил, навыки кинематического анализа систем, построения эпюр внутренних сил в статически определимых системах (О.С.), показать и закрепить умение вычисления перемещений по формулам Мора (4) различными способами (5)–(7), для чего вручную необходимо вычислить коэффициенты δ_{SP} (9) и Δ_{SP} (10), являющиеся как проверочными в расчете, так и контрольными в программе.

Программа проверяет правильность вычисления величин δ_{SP} и Δ_{SP} (с учетом, естественно, допускаемых погрешностей) и при верном их вычислении выполняет расчет наиболее трудоемких этапов метода сил 4, 5, 6, в которых производится расчет всех коэффициентов и свободных членов (единичных и грузовых перемещений) системы уравнений, решение системы канонических уравнений метода сил с определением неизвестных метода сил X_1, X_2, ... $X_Л$, расчет и построение окончательной эпюры изгибающих моментов *M*.

Эпюры поперечных и продольных сил *Q* и *N* студент в конце должен построить опять же самостоятельно (вручную).

При неверном вычислении коэффициентов δ_{ss} или Δ_{sp} программа выдает соответствующее сообщение, и требуется выполнить их расчет (или одного из них) заново с последующим новым их вводом в программу.

Список цитированных источников

1. Строительная механика: учебное пособие / А.А. Борисевич, Е.М. Сидорович, В.И. Игнатюк. – Минск: БНТУ, 2009. – 756 с.

2. Алексеев, Т.Ю. К расчету статически неопределимых рам методом сил // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов / БрГТУ. – Брест, 2012.

3. Игнатюк, В.И. Создание учебных компьютерных программ для курса строительной механики // Вышэйшая школа. – 2001. – № 6. – С. 35–38.

УДК 624.04
Алексеев Т.Ю.
Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.

К РАСЧЁТУ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ РАМ МЕТОДОМ СИЛ

В методе сил расчет статически неопределимых систем сводится к известным способам расчета статически определимых систем, получаемых путем отбрасывания так называемых «лишних» связей. Такие системы называют основными системами (О.С.) метода сил [1].

Представим принципы и последовательность расчета статически неопределимых рам методом сил, выделяя этапы расчета, что далее позволит легко перейти к алгоритму расчета.

1. Определяется число «лишних» связей или степень статической неопределимости рам по одной из формул:

а) $$Л = 3К - Ш, \qquad (1)$$

где $К$ – число замкнутых контуров в системе; $Ш$ – число простых (одиночных) шарниров в системе (здесь считаются как шарниры между стержнями, так и шарниры в опорах).

Под замкнутым контуром понимается замкнутая цепь, образованная прямолинейными и (или) ломаными стержнями, либо стержнями и основанием, соединенными между собой жестко либо шарнирно. При этом основание (земля) тоже рассматривается как диск, участвующий в образовании замкнутых контуров.

Одиночным или простым шарниром называют шарнир, в котором соединяются два диска. Число одиночных шарниров в шарнирном узле, в котором соединяется несколько дисков D_y, может быть определено по формуле:

$$n_ш = D_y - 1. \qquad (2)$$

б) $$Л = -(3D - 2Ш - C_O), \qquad (3)$$

где D – число дисков в системе (диск – это заведомо неизменяемая статически определимая система), (земля здесь не считается диском, а только основанием, на которое опирается рама); $Ш$ – число простых (одиночных) шарниров, соединяющих диски D; C_o – число связей в опорах системы.

2. Выбирается основная система метода сил, то есть статически определимая, геометрически неизменяемая система, получаемая из заданной статически неопределимой рамы путем отбрасывания лишних связей и замены их неизвестными усилиями.

Для получения основных систем метода сил используются следующие подходы в отбрасывании «лишних» связей: отбрасывание опор (при отбрасывании шарнирно подвижной опоры удаляется одна связь, шарнирно неподвижной опоры – две связи и при отбрасывании заделки – три связи) и отдельных опорных связей в опорах; разрезание затяжек (удаляется одна связь); врезание шарниров (удаляется одна связь); разрезание шарниров (удаляется две связи при разрезании одного простого шарнира); разрезание стержней (удаляется три связи).

Для любой статически неопределимой системы существует большое число основных систем метода сил. Для расчета нужно выбрать одну О. С., называемую расчетной, в качестве которой следует принять самую рациональную, в которой построение эпюр внутренних сил было бы как можно более простым и сами эпюры были бы как можно более простыми.

3. В основной системе метода сил строятся единичные эпюры внутренних сил $\bar{M}_1, \bar{M}_2, \ldots \bar{M}_л$ от действия единичных значений неизвестных метода сил $X_1, X_2, \ldots X_л$ и грузовая эпюра изгибающих моментов M_P от действия внешней нагрузки.

4. Вычисляются значения единичных коэффициентов и свободных членов канонических уравнений метода сил (5) по формулам:

$$\delta_{ii} = \sum_{1}^{n} \int_{0}^{l} \frac{\bar{M}_i^2\, dx}{EJ}; \quad \delta_{ik} = \sum_{1}^{n} \int_{0}^{l} \frac{\bar{M}_i\, \bar{M}_k\, dx}{EJ}; \quad \Delta_{iP} = \sum_{1}^{n} \int_{0}^{l} \frac{\bar{M}_i\, M_P\, dx}{EJ}, \qquad (4)$$

где $\bar{M}_i\,(\bar{M}_k)$ – закон изменения (эпюра) изгибающих моментов в О.С. от действия силы $X_i = 1$ ($X_k = 1$); M_P – закон изменения (эпюра) изгибающих моментов в О.С. от действия внешних нагрузок; EJ – жесткость стержня (участка) при изгибе, n – число участков интегрирования, l – длины этих участков.

Законы изменения изгибающих моментов на различных участках рамно-стержневых систем будут разными. Разными могут быть и жесткости участков. Поэтому в формулах (4) вычисление интегралов Мора необходимо производить отдельно по участкам, на которых законы изменения эпюр и величины жесткостей в пределах длин этих участков одинаковы, с последующим сложением результатов по всем участкам системы, то есть эпюры усилий раме следует разбивать на участки одновременной непрерывности изменения внутренних сил и жесткостей, в пределах которых законы изменения «перемножаемых» эпюр должны быть неизменными, то есть не должны иметь скачков, изломов и переходов к другим законам изменения, и на которых жесткости должны быть постоянными. Границами рассматриваемых участков интегрирования в рамно-стержневых системах будут точки (сечения): излома и разветвления стержней; приложения сосредоточенных внешних нагрузок (сил, моментов); действия опорных реакций; начала и конца распределенных нагрузок.

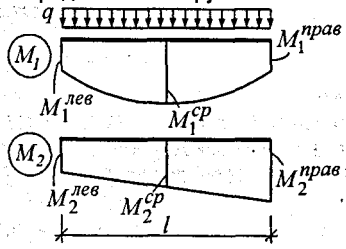


Рисунок 1

Вычисление интегралов Мора в формулах (4) будем производить по формулам Симпсона и трапеций.

Формула Симпсона. Эта формула может применяться для вычисления интегралов Мора путем соответствующего «перемножения» как линейных эпюр, так и эпюр, одна из которых криволинейна (изменяется по параболическому закону) (рис. 1).

Формула Симпсона имеет вид:

$$\int_{0}^{l} \frac{M_1 M_2\, dx}{EJ} = \frac{l}{6EJ}\left(M_1^{лев} \cdot M_2^{лев} + 4M_1^{ср} \cdot M_2^{ср} + M_1^{прав} \cdot M_2^{прав}\right) \qquad (5)$$

Формула трапеций может применяться для «перемножения» согласно интегралам Мора только линейных эпюр (рисунок 2):

$$\int_{0}^{l} \frac{M_1 M_2\, dx}{EJ} = \frac{l}{6EJ}\left(2M_1^{лев} \cdot M_2^{лев} + M_1^{лев} \cdot M_2^{прав} + M_1^{прав} \cdot M_2^{лев} + 2M_1^{прав} \cdot M_2^{прав}\right). \qquad (6)$$

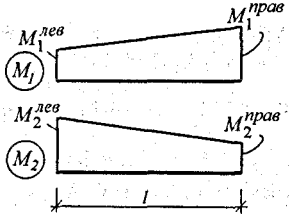


Рисунок 2

Правило знаков. В формулах Симпсона и трапеций произведения «перемножаемых» ординат принимаются со знаком «плюс», если растянутые волокна в сечениях, в которых взяты эти ординаты, находятся с одной стороны стержня на обоих эпюрах, и со знаком «минус», если растянутые волокна в сечениях стержня для этих ординат противоположны.

Заметим, что если построить суммарную единичную эпюру по выражению

$$\bar{M}_s = \bar{M}_1 + \bar{M}_2 + \ldots + \bar{M}_Л, \tag{7}$$

то можно вычислить сумму всех единичных коэффициентов:

$$\delta_{ss} = \sum_{i=1}^{Л} \sum_{k=1}^{Л} \delta_{ik} = \sum_{1}^{n} \int_{0}^{l} \frac{\bar{M}_s^2 \, dx}{EJ} \tag{8}$$

и сумму всех грузовых перемещений:

$$\Delta_{sP} = \sum_{i=1}^{Л} \Delta_{iP} = \sum_{1}^{n} \int_{0}^{l} \frac{\bar{M}_i \bar{M}_P \, dx}{EJ}. \tag{9}$$

5. Решается система канонических уравнений метода сил, имеющая вид:

$$\begin{cases} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \delta_{13}X_3 + \ldots + \delta_{1Л}X_Л + \Delta_{1P} = 0; \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \delta_{23}X_3 + \ldots + \delta_{2Л}X_Л + \Delta_{2P} = 0; \\ \delta_{31}X_1 + \delta_{32}X_2 + \delta_{33}X_3 + \ldots + \delta_{3Л}X_Л + \Delta_{3P} = 0; \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \delta_{Л1}X_1 + \delta_{Л2}X_2 + \delta_{Л3}X_3 + \ldots + \delta_{ЛЛ}X_Л + \Delta_{ЛP} = 0, \end{cases} \tag{10}$$

где δ_{ik} и Δ_{iP} – единичные и грузовые перемещения по направлениям сил силы X_i от действия соответственно сил X_k единичной величины и внешних нагрузок.

Система канонических уравнений метода сил (10) является неоднородной системой линейных алгебраических уравнений и может быть решена, например, способом Гаусса.

6. После определения неизвестных метода сил X_i (i = 1 ... $Л$) расчет и построение окончательных эпюр изгибающих моментов в системе выполняется на основе принципа независимости действия сил по формуле:

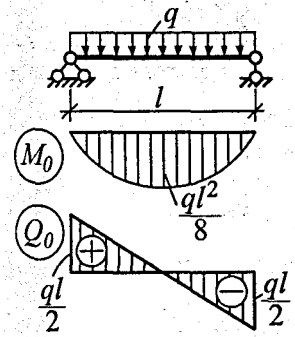


Рисунок 3

$$M = M_1X_1 + M_2X_2 + M_3X_3 + \ldots + M_ЛX_Л + M_P \tag{11}$$

7. Эпюра поперечных сил в статически неопределимой раме Q строится по эпюре M с использованием зависимости:

$$Q = Q_0 \pm \left| \frac{M_{прав} - M_{лев}}{l} \right|, \tag{12}$$

где Q_0 учитывает криволинейную часть эпюры и представляет собой эпюру (закон изменения) поперечных сил на участке, рассматриваемом в виде простой двухопорной балки, от действия равномерно распределенной нагрузки (рисунок 3); $M_{лев}$, $M_{прав}$ – величины изгибающих моментов по концам участка.

8. Эпюру продольных сил N строят по эпюре Q способом вырезания узлов, то есть вырезают узлы рамы, прикладывая в сечениях уже известные поперечные силы и внешние силы, если они приложены в узле. Затем из уравнений равновесия узлов ($\Sigma X = 0$; $\Sigma Y = 0$) определяют продольные силы в сечениях.

Список цитированных источников

1. Строительная механика: учебное пособие / А.А. Борисевич, Е.М. Сидорович, В.И. Игнатюк. – Минск: БНТУ, 2009. – 756 с.

УДК 621.391:514:76(075.8)
Блошук Ю.В., Цебрук К.А, Кузьмич И.С.
Научные руководители: профессор Уласевич В.П.,
к.т.н., ст. преподаватель Якубовская О.А.

РОЛЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИНЖЕНЕРНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ И КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ

Целью настоящей работы является исследование конструктивных особенностей узлов строительных конструкций посредством создания и изучения их трехмерных моделей в графической среде AutoCAD.

Предмет исследования – геометрические модели, их структура и принципы построения.

Объект исследования – трехмерные геометрические модели узлов металлических конструкций.

Моделирование – это один из основных способов исследования реальных процессов и явлений, который используется практически во всех областях научных знаний. По сути, геометрическая и математическая модели, плоский чертеж реального объекта – это равноценные его модели, используемые для исследования тех или иных свойств [1, 2].

В частности геометрическое моделирование позволяет изучать пространственные формы, отношения, закономерности и свойства объектов.

Структурная схема геометрического моделирования включает в себя 4 основополагающих компонента:

1. *Оригинал или объект моделирования*. При моделировании трехмерного пространства на экране монитора получают ортогональные проекции, аксонометрию, перспективу, проекции с числовыми отметками. Кроме того, объектами моделирования могут являться и любые другие многообразия, но это уже будут многомерные и нелинейные модели, исследование которых является актуальной и до сих пор нерешенной до конца проблемой для современной науки.

2. *Область модели* – это носитель модели, где осуществляется ее отображение. Как правило, она представляет собой экран монитора, однако для отображения также может быть выбрано любое многообразие.

3. *Аппарат моделирования* определяет способы задания 3D-моделей. Выделяют:

- аналитические (моделирование с явным заданием геометрии- задание оболочки);
- кинематические (операции «Выдавить», «Сдвиг», «Вращать», «По сечениям» и др.);
- конструктивные (использование базовых элементов формы и булевых операций над ними – «Объединение», «Вычитание», «Пересечение»);
- параметрические (зависимые параметры, устанавливающие соотношение между размерными и геометрическими характеристиками);
- комбинированные способы.

4. И, наконец, *модели* по своему представлению подразделяют на каркасные, поверхностные и твердотельные [3].

Создание 3D-моделей особенно актуально в области инженерного проектирования. В связи с этим совместно с кафедрой строительных конструкций под руководством профессора Уласевича Вячеслава Прокофьевича были выполнены твердотельные модели различных узлов металлических конструкций, разрабатываемых при курсовом проектировании (см. рисунок 1).

Использование таких трехмерных моделей помогает студентам более детально изучить все конструктивные особенности представленных узлов, как при чтении курса «Металлические конструкции», так и при самостоятельной работе над курсовыми проектами.

При их создании в системе AutoCAD использовались следующие операции:

• «Выдавить» – для вытягивания стандартных профилей, фасонок, ребер жесткости и других элементов из листовой стали;

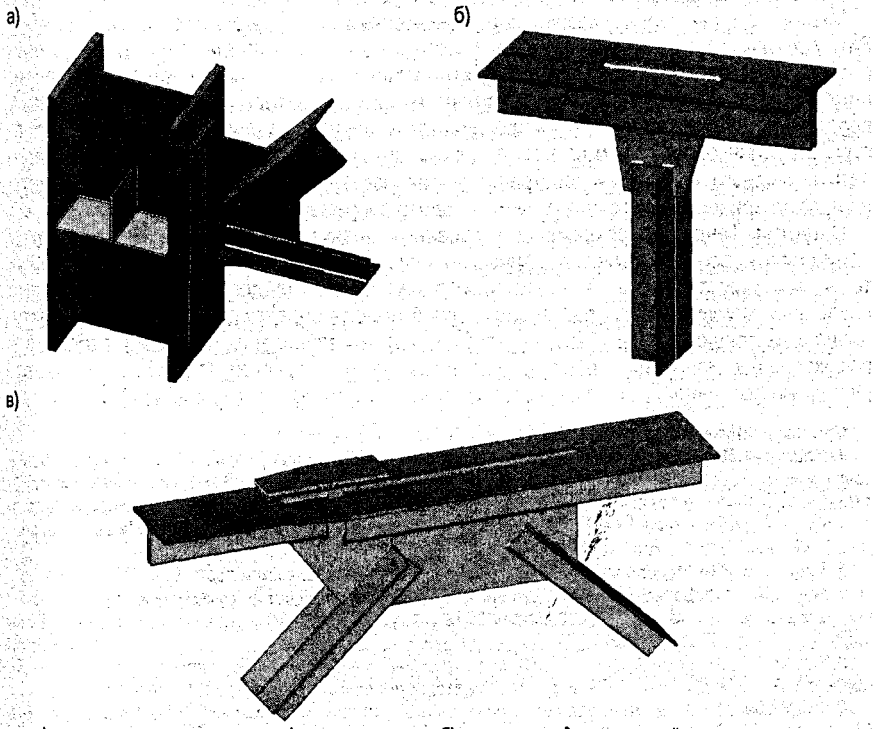
• «3D повернуть» – для ориентирования элементов узла в трехмерном пространстве, согласно проектному положению;

• «Сдвиг» – для моделирования сварных швов.

Полученные модели позволяют сформировать все необходимые виды, разрезы и сечения автоматически с использованием команд Т-вид и Т-профиль.

Необходимо отметить, что такой подход является ключевой идеей новой идеологии в проектировании – так называемые BIM-технологии (Building Information Model), основанные на информационном моделировании зданий [4].

Применение информационной модели здания нацелено на существенное облегчение работы с объектом и имеет массу преимуществ перед традиционными формами проектирования. Прежде всего, оно позволяет в виртуальном режиме собрать воедино, подобрать, рассчитать, состыковать и согласовать создаваемые разными специалистами организации компоненты и системы будущего сооружения, заранее проверить их жизнеспособность, функциональную пригодность и эксплуатационные качества, а также избежать самого неприятного для проектировщиков – внутренних нестыковок [1].



а) примыкание опорного узла фермы к колонне; б) узел присоединения стойки к верхнему поясу фермы; в) промежуточный узел примыкания в месте изменения сечения верхнего пояса фермы

Рисунок 1 – 3D-модели узлов металлических конструкций

По задумке BIM-технологов, достаточно построить информационную модель здания, а рабочий проект получится почти автоматически, как побочный продукт процесса моделирования.

Кроме того, особую актуальность в настоящее время имеют научные исследования в области 3D-печати [5]. 3D-принтер был впервые запатентован в 1986 году американцем Чарльзом Халлом (Charles Hull) . Это устройство, использующее метод послойного создания физического объекта на основе виртуальной 3D-модели. Печать может осуществляться с использованием различных материалов – пластиков, полимеров, керамики, бетона и многих других.

И если еще несколько лет назад стоимость 3D-принтеров достигала сотен тысяч долларов, то на сегодняшний день стоимость простейшего трехмерного принтера составляет около нескольких тысяч.

Среди последних достижений 3D-печати – трехмерный принтер, печатающий микроскопические объекты разрешением до 100 нм (Венский Технологический Университет).

Также особо необходимо отметить строительные 3D-принтеры, позволяющие печатать реальные полноразмерные конструкции (Control Crafting, Южно-Калифорнийский университет).

И, наконец, необходимо упомянуть 4D-модели. Что же это такое? До сих пор наука не может дать исчерпывающего ответа на этот вопрос.

Многие сегодня подразумевают под 4D-моделями информационные модели (BIM- и PML-технологии), на которые наложены различные ассоциативные связи, или многопараметрические модели. Существуют также подходы, при которых за четвертую координату принимают время. Все они исходят из теории относительности, и четырехмерное пространство представляется в виде пространственно-временного континуума – пространство Минковского. Тем не менее, понимание сути многомерного в общем случае и четырехмерного в частном пространства, где четвертая и последующие координаты (оси) геометрические – это приоритетная задача современной науки.

Выводы. Тенденции современного проектирования предполагают новые подходы к получению и представлению графической информации, основанные на современных технических достижениях. Концепция создания проектной документации средствами различных графических систем из трехмерной модели объекта в высокой степени актуальна в настоящее время. Работа студентов в этом направлении не только готовит их к высокопрофессиональной проектной деятельности, но и помогает глубже изучать конструктивные особенности сложных узлов различных строительных конструкций.

Список цитированных источников

1. Уласевич, В.П. О роли и месте геометро-графических дисциплин в процессе инженерной подготовки конструкторов-проектировщиков / В.П. Уласевич, О.А. Якубовская, З.Н. Уласевич // Образовательные технологии в преподавании графических дисциплин: материалы V Республиканской научно-практической конференции, Брест, 22–23 марта 2012 г. / БрГТУ; редкол.: Т.Н. Базенков [и др.]; под ред. Л.С. Шабека и П.В. Зеленого. – Брест, 2012. – С. 89–92.

2. Гузненков, В.Н. Модель как ключевое понятие геометро-графической подготовки / В.Н. Гузненков, П.А. Журбенко // Информатизация инженерного образования: труды Международной научно-методической конференции, Москва, 10–11 апреля 2012 г. / Национальный исследовательский университет «МЭИ». – Москва, 2012. – С. 29–32.

3. Дегтярев, В.М. Компьютерная геометрия и графика: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / В.М. Дегтярев. – 2-е изд. – М.: Издательский дом «Академия», 2011. – 192 с.

4. Информационная модель здания: строительные конструкции / Autodesk Revit Structure 2010 // [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://www.arcada.com.ua. – Дата доступа: 20.02.2013.

5. Строительные 3D-принтеры / Отраслевой информационный веб-ресурс о расходниках для печати // [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://www.orgprint.com/ru. – Дата доступа: 20.02.2013.

УДК 721.01-056.266
Богдевич Ю.М., Веремчук А.А.
Научный руководитель: ст. преподаватель Кароза А.И.

БЕЗБАРЬЕРНАЯ СРЕДА И АРХИТЕКТУРА

Целью настоящей работы является привлечение внимания практикующих, а главное, будущих архитекторов, к проблеме организации безбарьерного пространства, основам её формирования, а так же предложение по созданию определённых методологических указаний, для более углубленного понимания проблемы и выработки определенного способа мышления, эмоциональной сопричастности при проектировании безбарьерной среды.

Введение. Конвенция о правах инвалидов – конвенция, принятая Генеральной Ассамблеей ООН 13 декабря 2006 года и вступившая в силу 3 мая 2008 года. Одновременно с Конвенцией принят и вступил в силу Факультативный протокол к ней. По состоянию на октябрь 2012 года 125 государств и Евросоюз участвуют в Конвенции, 75 государств – в Факультативном протоколе [1]. Программа действий и Международный год инвалидов ознаменовали начало новой эры, в которой понятие «инвалидность» будет определяться как отношения между инвалидами и их окружением. Все больше людей признают, что обязательным условием при этом является уничтожение существующих барьеров для достижения полного участия инвалидов в жизни общества [2]. Между тем, Беларусь до сих пор не присоединилась к Конвенции ООН о правах инвалидов.

Долгие годы общество старалось не замечать того, что среди нас живут люди с ограниченными возможностями, хотя гражданская обязанность каждого из нас и общества в целом, а архитекторов в особенности, способствовать созданию доступности инвалидов ко всем видам социокультурной инфраструктуры. На решение этих проблем была нацелена международная конференция по формированию безбарьерной архитектуры в странах СНГ (Украина, Харьков, 8-10 октября 2000 г.). В развитых странах не только изучены проблемы инвалидности и созданы нормативы по проектированию среды жизнедеятельности человека с учетом потребностей инвалидов, но и проведены необходимые мероприятия по реконструкции зданий и элементов городской инфраструктуры, по их адаптации к потребностям инвалидов и других маломобильных групп населения [3].

В Англии и Швеции архитекторы разработали и широко применяют в практике новые типы квартир и жилых домов со специальными устройствами и приспособлениями, позволяющими инвалидам с нарушением опорно-двигательного аппарата свободно передвигаться без посторонней помощи. Для этого установлены подъемники, с помощью которых инвалид из коляски перемещается в ванну, а для удобного пользования туалетом предусмотрены поручни или трапеции, расположенные около унитаза. Большое внимание уделили архитекторы кухонному блоку, где все оборудование автоматизировано. Запроектированы также специальные вешалки, шкафы, устройство для пересаживания с кровати в кресло-коляску и т.д. [4]. В той же Канаде, в проектной студии мастеров университета архитектуры «Карлтон», студентами исследуются современные проблемы; они координируют свои усилия на жителях, работают во благо души и тела архитектуры и приносят идеи в тестовые проекты в Торонто, Онтарио. Один из таких проектов «Сенсорная навигация". Многие из людей живут с дегенеративными заболеваниями, которые часто приводят к сенсорной депривации (дезориентация и трудности анализа окрестностей). Студенты университета архитектуры «Карлтон» нашли выход – элементы, как творческое освещение, игривые поручни и отличительные пространства для того, чтобы помочь обеспечить чувство места [5].

Социальные барьеры. В Беларуси проживают 519 тыс. инвалидов (около 5,5% общей численности населения) на 2012 год. В целях улучшения качества их жизни в республике реализуется Комплексная программа развития социального обслуживания на 2011-2015 годы. Председатель Белорусского общества инвалидов (БелОИ) Владимир Потапенко, выступая 24 мая 2012 года на 5-м съезде объединения, отметил ряд проблем в реализации госпрограмм, касающихся социальной защиты инвалидов. Потапенко отметил, что государственная программа предупреждения инвалидности и реабилитации инвалидов теперь переведена в разряд подпрограмм и является приложением к комплексной программе развития и социального обеспечения на 2011-2015 годы. По его мнению, «это значит, что проблемы инвалидов и их значимость отодвинуты еще на более дальние задворки» [6].

Среда обитания безбарьерная – среда обитания, адаптированная к возможностям ФОЛ (физически ослабленные лица) и создающая условия для их самостоятельной (без постоянной помощи практически здоровых людей) деятельности [7].

Создание такой среды требует немало усилий и безвозмездных вложений сил и средств, что для общества не является приоритетным по сравнению с другими социальными проблемами. В итоге, организации безбарьерного пространства уделяется недостаточное внимание. Из этого и следует самое главное препятствие при организации безбарьерной среды – нежелание видеть барьера в самих нас. Само общество образует препятствия под влиянием своих взглядов, предрассудков, целей: экономических, политических, социальных и т.д. На Западе слово "инвалид" неприемлемо, их политкорректно называют "люди с ограниченными возможностями". У нас в обществе термин "инвалид" распространено и закреплено в законе РБ. Само слово не обладает негативным подтекстом, и его содержательный смысл не вызывает вопросов о политкорректности, оскорбительности и уместности. Изменить отношение общества к людям с ограниченными возможностями невозможно без изменения мировоззрения отдельных людей. А для этого необходимо чётко представлять уже сформированные взгляды личности на данную проблему. Понимание вопроса – ключ к достижению истины. Следовательно, барьером в личности является некомпетентность и незнание как себя вести.

Решение основных проблем при организации безбарьерной среды также зависит и от проектировщика этой среды. В основном организация безбарьерной среды сводится к банальной установке пандуса, при условии соблюдения уклона, что не всегда учитывается. Различные параметры, размеры, уклоны, оборудование не будут организовывать среду без более углубленного изучения вопроса. Поэтому основная проблема архитектора или другого лица, занимающегося организацией безбарьерной среды, – незаинтересованность в создании действительно удобной среды. Разработка проектной документации осуществляется при обязательном согласовании всех принимаемых решений с общественными организациями инвалидов [7]. Архитектору необходимо не просто запомнить нормативы, а важно понять их и прочувствовать: кому конкретно это надо и главное – почему. Тогда появится мотивация, работа приобретет эмоциональную окраску, возникнет чувство сопричастности. Архитектор начнет проектировать не просто правильно, а главное – удобно для инвалидов [8].

Это приводит нас к необходимости индивидуального проектирования, это значительно упрощает создание безбарьерной среды. А для достижения этого должна формироваться определённая методика, способ мышления, ведущие к пониманию всех особенностей и тонкостей при организации безбарьерной среды.

Основные принципы формирования безбарьерного пространства. Для понимания, как формируется пространство, необходимо знать, что его формирует. Для челове-

ка основным пространственно-образующим фактором является сам человек. Восприятие им окружения всегда направлено на личное соотношение с окружающей средой и создание соизмеримого с человеком пространства. Т.е. для людей с ограниченными возможностями основным пространственно-образующим модулем являются они сами с их разнообразными специфическими возможностями. Для достижения этого архитектору, проектировщику необходимо знать основные понятия эргономики, как в общем, так и в контексте безбарьерной среды. При организации безбарьерной среды для инвалидов-колясочников необходимо знать параметры не только сидящего человека в кресле-коляске, но и размеры кресла непосредственно, которое контактирует с внешней средой [9].

Зона взаимодействия (рис. 1) – доступное для человека пространство непосредственного контакта, обеспечивающее удобство пользования предметно-пространственной средой.

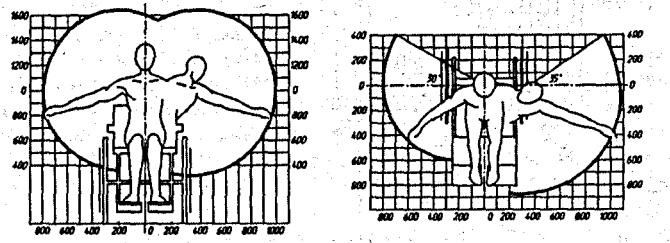


Рисунок 1 – Допустимая зона взаимодействия

Инвалид, использующий дополнительные опоры в положении «стоя» и «сидя», занимает площадь, увеличенную по сравнению с габаритами здорового человека. Слепые и слабовидящие ориентируются в зданиях на ощупь при передвижении вдоль стен, мебели и оборудования, а также при помощи поручней и ограждающих бортиков. При проектировании следует руководствоваться исходными габаритами людей с дефектами зрения [9]. Человек небольшого роста (карлик) наравне с инвалидом-колясочником испытывает большие трудности при взаимодействии с окружающей средой, для изменения которой требуются существенные преобразования.

Проектирование безбарьерной среды. При проектировании безбарьерного пространства выделяют 3 основные группы людей с ограниченными физическими возможностями, каждая из которых имеет свои особенности ориентирования в пространстве: слепые, слабовидящие и люди с проблемами зрения, инвалиды по физическому состоянию [10].

Изучив все данные, которые влияют на организацию безбарьерной среды, и осознав всю ответственность при её проектировании, архитектор должен понять, как использовать вместе со знанием нормативов весь комплекс пространственно-организуемых факторов. Необходим комплексный подход с учетом всех мелочей при организации безбарьерной среды.

Если архитектор не обладает такой способностью или малознаком с данным вопросом, то желательно было бы, если не самому испытать возможности среды, то хотя бы ознакомиться с результатами реального испытания людьми с ограниченными возможностями. В случае невозможности проведения реального эксперимента рекомендуется проводить мысленный эксперимент по определению основных возможностей проектируемого пространства.

Мысленный эксперимент – особая теоретическая процедура, заключающаяся в получении нового или проверке имеющегося знания путем конструирования идеализированных объектов и манипулирования ими в искусственно, условно задаваемых ситуациях.

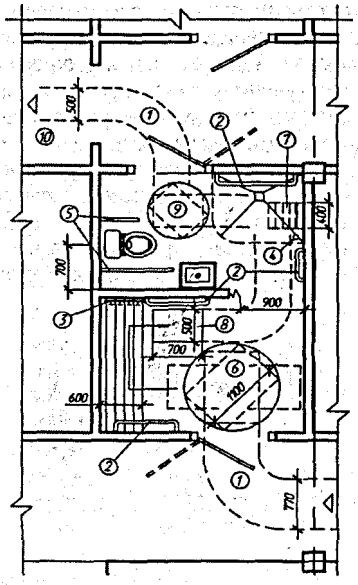


Схема движения кресла-коляски/специальной тележки с человеком в индивидуальной раздевалке с душем

*1 – Дверь с широким полотном 900 мм; 2 – Горизонтальный поручень; 3 – Вешалка высотой не более 1400 мм; 4 – Вертикальный поручень; 5 – Горизонтально-вертикальный поручень; 6 – Схема разворота кресла-коляски габаритом 770*1100 мм; 7 – Откидное сидение 400*400 мм; 8 – Специальная тележка 500*700 мм 9 – Схема разворота специальной тележки; 10 – Выход к бассейну через ножную ванну*

Рисунок 2 – Графоаналитический анализ

Знание эргономических параметров, свойства материалов и развитое пространственное воображение позволяют в конечном итоге (с приобретением опыта) подсознательно сопоставлять имеющиеся данные и в короткое время принимать решения в данном вопросе. Данные выводы можно для подтверждения и уточнения подкреплять чертежами, созданными в результате графоаналитического анализа (рис. 2).

Данный комплексный метод, включающий мысленный эксперимент, графоаналитический метод и инфографику, является всеохватным, и каждая его составляющая дополняет друг друга и исключает погрешности, неточности и нехватку информативности. Также в силу развития 3D-моделирования в проектировании возможно использование соразмерных моделей людей при организации безбарьерной среды. Данный метод всё же предполагает проведение мысленного анализа, однако уровень владения программными средствами при создании окружающей среды должен быть на высоком уровне. В будущем, с развитием технологий, предполагается использование виртуальных пространств, где уже в созданных условиях можно проводить эксперименты по выявлению наиболее приемлемых вариантов при организации безбарьерной среды.

Список цитированных источников

1. Материал из Википедии – свободной энциклопедии. Конвенция о правах инвалидов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/конвенция_о_правах_инвалидов

2. История Всемирной программы действий в отношении инвалидов [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://www.un.org/russian/disabilities/default.asp?id=583

3. Konkkola, M. Ongelma vai haste? Julkisten rakennusten Likkumisesteiden poistaminem. – Helsinki, 1997. – 154 с.

4. Mansson, K. Bygg for alla. – Stockholm, 1999. – 164 с.

5. aD² now. The studio projects of the Carleton University Masters Printed in Canada by Gilmore Printing Services Inc. © 2011 by aD2.

6. С правами инвалидов в Беларуси не все в порядке даже на бумаге / Елена Спасюк [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://naviny.by/rubrics/society/2012/05/24/ic_articles_116_177946/

7. Среда обитания для физически ослабленных лиц. Основные положения: СТБ 2030-2010.

8. Леонтьева, Е.Г. Доступная среда глазами инвалида // Научно-популярное издан. – Мн.: БАСКО, 2001.
9. Рекомендации по проектированию окружающей среды, зданий и сооружений с учетом потребностей инвалидов и других маломобильных групп населения: Вып. 1. Общие положения/ Минстрой России, Минсоцзащиты России, АО ЦНИИЭП им. Б.С. Мезенцева. – М.: ГП ЦПП, 1996. – 52 с.
10. Системы навигации в формировании безбарьерной среды: Лекция 4 / Московский архитектурный институт: М., 2012.

УДК 69.05:658.512.6.001
Боровикова А.В., Семенюк А.А.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Кузьмич П.М.

О ВЛИЯНИИ ТОПОЛОГИИ СЕТЕВОЙ МОДЕЛИ НА ОБЩУЮ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ КОМПЛЕКСА РАБОТ

Очевидно, что при составлении расписаний, календарных планов, продолжительность некоторой последовательности работ не может быть равна сумме продолжительностей этих работ. Это утверждение имеет смысл даже и в том случае, когда последовательность работ выполняется одним исполнителем.

В то же время известные методики календарного планирования, в первую очередь сетевое планирование и управление, игнорируют данное обстоятельство. Принято считать, что события сетевой модели, особенно это обстоятельство, относится к событиям критического пути, имеют продолжительность, равную нулю. Такой подход в конечном итоге приводит к тому, что совпадение действительной продолжительности выполнения комплекса работ и запланированной является случайным совпадением.

В работах [1,2] приводятся методики, в которых событиям (факт окончания одной или нескольких работ и начала последующих работ) «присваиваются» определенные продолжительности, зависящие от организационного уровня исполнителей. Но расчеты по данным методикам весьма трудоемки и не дают зависимости общей продолжительности комплекса работ от их количества и от количества событий, соединяющих эти работы. С целью установления этой зависимости и по возможности ее количественных параметров в данной работе поведены расчеты на 18 организационно-технических моделях, представляющих собой линейную цепочку от одной до восемнадцати работ (процессов) и имеющих, соответственно, от двух до девятнадцати событий. Причем суммарная продолжительность работ (процессов) во всех случаях равна 100 к. е.

В основе расчетов положены следующие подходы:

1. Продолжительность работ, как выходящих из события 1, так и всех последующих, определяется как случайная величина в диапазоне от 0,5t до 1,5t (исходя из допущения, что работы выполняют исполнители имеющие высокий организационный уровень [1]), с использованием функции СЛЧИС (Microsoft Excel).

2. Срок свершения события, в которое входят работы, выходящие из первого события, выбирается в диапазоне от $0{,}5T^c$ до $1{,}5T^c$ по аналогии с п.1, но не менее принятой продолжительности, входящей в данное событие работы.

3. Сроки свершения последующих событий определяются как сумма сроков свершения предшествующих событий и продолжительностей работ, входящих в данное по максимальному значению, полученному в соответствии с п.1 и п.2 для всех входящих в данное событие работ и зависимостей.

Алгоритм расчетов:

1. Традиционными способами определяется продолжительность работ t.

2. Полагая, что исполнители работы имеют высокий организационный уровень, с использованием функции СЛЧИС (Microsoft Excel) в диапазоне 0.5t-1.5t генерируем значение работы t.

3. Срок наступления событий, следующих за первым событием, определяется с использованием функции СЛЧИС в диапазоне t_i-1.5t_i.

4. Срок наступления последующих событий T_c первоначально определяется как максимальная из сумм сроков наступления предшествующих событий и продолжительностей, входящих в данное событие работ, определенных в соответствии с п.2.

5. Далее, с использованием функции СЛЧИС, в диапазоне T^c – 1.5T^c генерируем значение срока свершения события.

Результаты выполненных расчетов сведены в табл.1.

Таблица 1 – Итоговые результаты расчетов календарных планов

Количество работ	Количество событий	Продолжительность выполнения работы	Продолжительность выполнения комплекса работ
1	2	100	122,5
2	3	50	105,1
3	4	33,3	133
4	5	25	98,1
5	6	20	111,4
6	7	16,7	163,6
7	8	14,3	113,3
8	9	12,5	193,7
9	10	11,1	194,9
10	11	10	116,2
11	12	9,1	172,1
12	13	8,3	230,3
13	14	7,7	216,3
14	15	7,1	208,4
15	16	6,7	219,5
16	17	6,3	145,6
17	18	5,9	270,5
18	19	5,6	327,3

На рис.1 в графическом виде изображены полученные результаты. Очевидно, что между количеством событий и общей продолжительностью выполнения комплекса работ есть зависимость. Полагая, что она имеет линейный характер и используя метод наименьших квадратов, восстановим параметры функции, описывающие эту зависимость.

В результате мы получаем

$$y = 7.44*x + 75.45, \quad (1)$$

где X – количество работ в комплексе (количество работ календарного плана на критическом пути); У – продолжительность комплекса работ, к.е. (при условии, что исходная суммарная продолжительность работ равна 100 к.е.).

При других исходных суммарных продолжительностях эта зависимость примет вид

$$y = T/100(7.44*x + 75.45), \quad (2)$$

где Т – исходная суммарная продолжительность выполнения комплекса работ.

На рис. 2 приведены график зависимости продолжительности выполнения комплекса работ от количества событий и аппроксимирующая кривая построенная по (1).

Выводы

1. Продолжительность выполнения комплекса работ, выполняемых последовательно, не равна сумме продолжительностей работ.

2. В календарном планировании вывод изложенный в п.1, рекомендуется учитывать, используя зависимость y = T/100(7.44*x + 75.45).

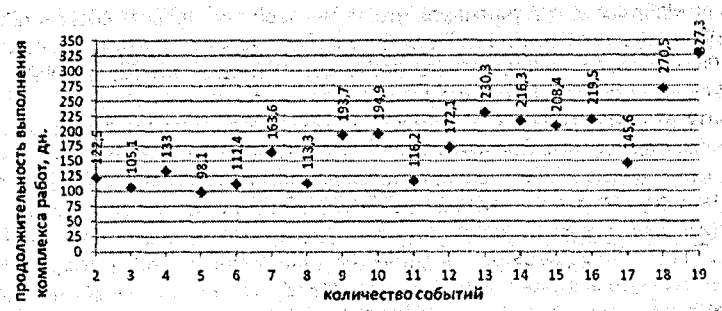


Рисунок 1 – График зависимости продолжительности выполнения комплекса работ от количества событий

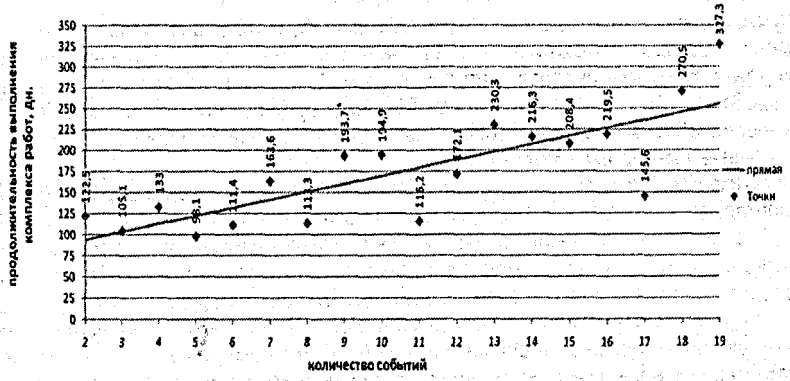


Рисунок 2 – График зависимости продолжительности выполнения комплекса работ от количества событий и аппроксимирующая кривая

Список цитированных источников

1. Калугин, Ю.Б. Расчет календарных планов работ с вероятностными временными параметрами / Ю.Б. Калугин// Изв. вузов. Строительство – 2011. – №10. – С. 51-58.

УДК 332.6(075.8)

Вакунова Я.И., Троцюк И.А.
Научный руководитель: профессор Яромич Н.Н.

О ПОВЫШЕНИИ ОБОСНОВАННОСТИ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРИ РАСЧЕТЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ НЕДВИЖИМОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕСКОЛЬКИХ МЕТОДОВ

При проведении независимой оценки объектов недвижимости оценщик, как правило, не ограничивается одним из известных методов, а различные методы оценки дают величины стоимости, иногда существенно различающиеся между собой. Причиной этого являются как объективные, так и субъективные причины, такие как состав и качество использованной информации, уровень информационного обеспечения оценки объектов недвижимости конкретного назначения на том или ином рынке, квалификация и опыт оценщика и др.

Оценщик должен также учитывать, что заказчик обычно требует объяснить причины расхождения результатов оценки, полученных различными методами, и обосновать результат независимой оценки. Таким образом, окончательная величина стоимости представляет собой как математические расчеты, так и их обоснование.

Расчету итоговой величины стоимости должен предшествовать всесторонний контроль процедуры оценки. Оценщику необходимо убедиться, что использованная информация, примененные аналитические методы, допущения и логика обоснования позволили получить адекватные и сопоставимые результаты стоимости недвижимости.

Действующие в сфере оценки объектов недвижимости СТБ 52.3.01-2011 и ТКП 52.3.01-2011 [1, 2] предписывают в случае применения нескольких методов оценки определять окончательный результат независимой оценки как средневзвешенную величину стоимостей, рассчитанных каждым методом (V_i), путем присвоения каждому из методов своего весового коэффициента (k_i)

$$V = \Sigma(V_i \times k_i).$$

Сумма весовых коэффициентов при этом должна быть равна единице, т.е. $\Sigma k_i = 1$. Значения весовых коэффициентов могут быть рассчитаны экспертным методом, методами статистического анализа, методом иерархий, методом дерева целей и др. [3, 4]. Таким образом, на заключительном этапе оценки перед оценщиком возникает проблема повышения обоснованности весовых коэффициентов, присуждаемых каждому из использованных методов расчета стоимости.

Практика показывает, что суждения о весомости результатов доходного, затратного и сравнительного методов оценки, принятые на основании интуитивного анализа, не менее объективны, чем решения, вынесенные на основании математических моделей. Тем не менее, применение математических приемов обоснования оценочных решений позволяет, с одной стороны, расширить доказательную базу проведенных расчетов, с другой – получить дополнительную возможность перепроверки и подтверждения вынесенных суждений. Актуальность обеспечения оценщиков адекватным математическим инструментарием, нашедшим ранее свое применение в других областях деятельности, апробированным и подтвердившим свою эффективность, очевидна.

Для выяснения приоритетности методов установления весомости результатов доходного, затратного и сравнительного методов оценки были рассчитаны значения весовых коэффициентов по 5 объектам недвижимости с помощью следующих методик [4]:

- методики ранжированной оценки критериев стоимости (РОКС);
- метода распределения весовых коэффициентов (РВК);
- методики, разработанной компанией D&T;
- методом интерполяции на базе Наегли;
- методом анализа иерархий (МАИ).

Результаты согласования стоимостей объекта недвижимости приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование объекта	Стоимость объекта, полученная методом			Согласованные стоимости, полученные методом				
	затратным	доходным	сравнительным	ранжирования	распределения	компании D&T	Наегли	МАИ
Объект 1	22283	5120	23100	21524	19382	19357	19763	19407
Объект 2	272547	89406	292939	200070	235768	229223	250520	239319
Объект 3	37219	38628	38790	38445	38278	38222	37964	38385
Объект 4	32171	47493	43084	41504	40935	41656	37182	40602
Объект 5	63403	88125	51747	67574	67187	62056	78427	65884

Затем была определена степень отклонения итоговой стоимости по каждому из 5 объектов оценки от среднего значения стоимости, определённого как среднее арифметическое всех согласованных стоимостей каждой из методик. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

Наименование	Отклонение согласованных стоимостей от средней стоимости, %				
	ранжирования	распределения	компании D&T	Наегли	МАИ
Объект 1	7,15	3,51	3,64	1,61	3,39
Объект 2	-9,75	6,35	3,40	13,01	7,95
Объект 3	0,34%	-0,10	-0,24	-0,92	0,18
Объект 4	0,34	-1,04	0,70	-10,11	-1,84
Объект 5	3,00	2,41	-5,41	19,54	0,42
Среднее	**4,12**	**2,68**	**2,68**	**9,04**	**2,76**

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что наименьшую степень отклонения от среднего значения стоимости имеют методики распределения весовых коэффициентов, методика D&T и МАИ. Оставшиеся 2 метода являются менее приемлемыми, так как носят более поверхностный характер и не учитывают особенности каждого метода оценки. Однако для получения наиболее достоверного результата сравнение должно проводиться не по среднему значению стоимости, определённому как среднее арифметическое всех согласованных стоимостей каждой из методик, а по цене продажи объекта оценки. Выбор методики согласования остаётся за оценщиком, определяется из его личных предпочтений и применимости той или иной методики в конкретном случае.

Список цитированных источников

1. Оценка стоимости объектов гражданских прав. Оценка стоимости капитальных строений (зданий, сооружений), не завершенных строительством объектов, изолированных помещений, машино-мест как объектов недвижимого имущества: СТБ 52.3.01-2011. – Минск: Госстандарт, 2011. – 75 с.

2. Оценка стоимости объектов гражданских прав. Оценка стоимости капитальных строений (зданий, сооружений), изолированных помещений, машино-мест как объектов недвижимого имущества: ТКП 52.3.01-2012 (03150). – Минск: Госкомимущество, 2011. – 78 с.

3. Трифонов, Н.Ю. Согласование подходов к оценке стоимости // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2005. – №10(49). – С. 84-87.

4. Оценка стоимости недвижимости: учебное пособие / Е.Н. Иванова; под ред. д-ра экон. наук, проф. М.А. Федотовой. – М.: КНОРУС, 2007. – 344 с.

УДК 624.04

Веренич А.А.

Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.

О ВЛИЯНИИ УПРУГО-ПОДАТЛИВОГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ К УЗЛАМ В СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМАХ

При расчете сооружений методом конечных элементов основным разрешающим уравнением является уравнение вида [1]:

$$[K]\{\Delta\} = \{P\}, \qquad (1)$$

где $[K]$ – матрица жесткости системы, $\{\Delta\}$ – вектор перемещений узлов системы, $\{P\}$ – вектор внешних узловых нагрузок.

Учет упруго-податливого соединения элементов в узлах вызовет соответствующие изменения в матрицах $[K]$ и $\{P\}$. Так как эти матрицы могут быть сформированы из мат-

риц отдельных конечных элементов (КЭ) [2], учет упругой податливости присоединения конечных элементов к узлам может быть выполнен на уровне определения матриц жесткости и векторов нагрузок КЭ.

Для конечных элементов, присоединяющихся к узлам с помощью упруго-податливых связей, упругая податливость (величина линейного (углового) смещения при приложении единичной силы (момента)) которых определяются величинами $c_1 - c_6$ (рис. 1) (где: c_1, c_4 – упругие податливости горизонтальных связей в начале и в конце стержня, c_2, c_5 – упругие податливости соответствующих вертикальных связей, c_3, c_6 – упругие податливости угловых связей), матрица жесткости в локальной системе координат имеет вид [2]:

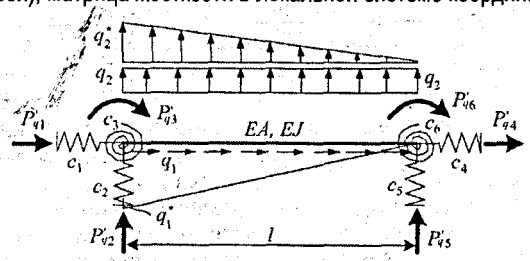


Рисунок 1 – Схема конечного элемента

$$[K'_s]=\left[\begin{array}{ccc|ccc}
\frac{EA}{l}k_N & 0 & 0 & -\frac{EA}{l}k_N & 0 & 0 \\
0 & \frac{12EJ}{l^3}k_1 & -\frac{6EJ}{l^2}k_2 & 0 & -\frac{12EJ}{l^3}k_1 & -\frac{6EJ}{l^2}k_4 \\
0 & -\frac{6EJ}{l^2}k_2 & \frac{3EJ}{l}(k_2+k_3) & 0 & \frac{6EJ}{l^2}k_2 & \frac{3EJ}{l}(k_2-k_3) \\
\hline
-\frac{EA}{l}k_N & 0 & 0 & \frac{EA}{l}k_N & 0 & 0 \\
0 & -\frac{12EJ}{l^3}k_1 & \frac{6EJ}{l^2}k_2 & 0 & \frac{12EJ}{l^3}k_1 & \frac{6EJ}{l^2}k_4 \\
0 & -\frac{6EJ}{l^2}k_4 & \frac{3EJ}{l}(k_2-k_3) & 0 & \frac{6EJ}{l^2}k_4 & \frac{3EJ}{l}(k_4+k_5)
\end{array}\right], \qquad (2)$$

где EA, EJ – продольная и изгибная жесткости стержня, и где обозначено:

$$k_N=\frac{1}{1+(c_1+c_4)\frac{EA}{l}}; \quad k_1=\frac{t_4}{t_2t_4-3t_3^2}; \quad k_2=\frac{t_3+t_4}{t_2t_4-3t_3^2};$$

$$k_3=\frac{1}{3t_4}+\frac{t_3}{t_4}k_2; \quad k_4=\frac{t_4-t_3}{t_2t_4-3t_3^2}; \quad k_5=\frac{1}{3t_4}+\frac{t_3}{t_4}k_4, \qquad (3)$$

$$t_2=1+(c_2+c_5)\frac{12EJ}{l^3}+(c_3+c_6)\frac{3EJ}{l}; \quad t_3=(c_6-c_3)\frac{EJ}{l}; \quad t_4=1+(c_3+c_6)\frac{EJ}{l}. \qquad (4)$$

При действии на конечные элементы распределённых нагрузок в методе конечных элементов их необходимо преобразовывать к узловым. Это преобразование для конечных элементов, упруго-податливо присоединяемых к узлам, не будет совпадать со случаями жёстко-шарнирного соединения конечных элементов в узлах и может быть получено также на основе расчётов соответствующих конечных элементов [2]. Для случая

нагружения конечных элементов распределенными нагрузками, представленными на рис. 1, величины узловых нагрузок для него будут определяться выражением:

$$\{P'_q\}=\begin{Bmatrix}P'_{q1}\\P'_{q2}\\P'_{q3}\\P'_{q4}\\P'_{q5}\\P'_{q6}\end{Bmatrix}=\begin{Bmatrix}\frac{q_1 l}{2}f_{q1}+\frac{q_1^* l}{6}\left(3-s_{q1}\right)\\ \frac{q_2 l}{2}\left(1-f_{q2}\right)+\frac{q_2^* l}{20}\left(10-u_{q1}\right)\\ -\frac{q_2 l^2}{12}\left(1{,}5-3f_{q2}-f_{q3}\right)-\frac{q_2^* l^2}{120}\left(20+u_{q2}-6u_{q1}\right)\\ \frac{q_1 l}{2}f_{q1}+\frac{q_1^* l}{6}s_{q1}\\ \frac{q_2 l}{2}\left(1+f_{q2}\right)+\frac{q_2^* l}{20}u_{q1}\\ \frac{q_2 l^2}{12}\left(1{,}5+3f_{q2}-f_{q3}\right)+\frac{q_2^* l^2}{120}u_{q2}\end{Bmatrix}, \qquad (5)$$

где: $f_{q2}=\dfrac{3\,t_{q2}t_4-t_{q3}t_3}{6t_3^2-2t_2t_4}$; $f_{q3}=3f_{q2}\dfrac{t_3}{t_4}+\dfrac{t_{q3}}{2t_4}$; $u_{q2}=\dfrac{3u_2u_{q1}-5s_{q3}}{u_3}$,

$u_{q1}=\dfrac{8s_{q2}u_3-5s_{q3}u_2}{4u_1u_3-3u_2^2}$; $t_{q2}=\dfrac{EJ}{l}\left(\dfrac{1}{c_6}-\dfrac{1}{c_3}\right)+\dfrac{8EJ}{l^3}\left(\dfrac{1}{c_5}-\dfrac{1}{c_2}\right)$;

$t_{q3}=1+\dfrac{3EJ}{l}\left(\dfrac{1}{c_3}+\dfrac{1}{c_6}\right)$; $s_{q2}=1+\dfrac{15EJ}{c_2l^3}$; $s_{q3}=1+\dfrac{4EJ}{c_3l}$; (6)

$u_1=1+\dfrac{3EJ}{l^3}\left(\dfrac{1}{c_2}+\dfrac{1}{c_5}\right)+\dfrac{3EJ}{c_3l}$; $u_2=1+\dfrac{2EJ}{c_3l}$; $u_3=1+\left(\dfrac{1}{c_3}+\dfrac{1}{c_6}\right)\dfrac{EJ}{l}$.

Преобразование матриц жесткости и векторов внешних нагрузок конечных элементов из местных в общую систему координат производится с помощью выражений [2]:

$$[K]=[T_\alpha]^T\cdot[K']\cdot[T_\alpha]; \qquad \{P_q\}=[T_\alpha]^T\{P'_q\}, \qquad (7)$$

где $[T_\alpha]$, $[T_\alpha]^T$ – обычная и транспонированная матрицы преобразования координат.

Процедура формирования матрицы жесткости системы из матрицы жесткости ее элементов описана в работе [2].

Затем определяем перемещения узлов из решения системы уравнений (1) и находим усилия в элементах сооружения (в местной системе координат) с помощью зависимости:

$$\{r'_s\}=[K'_s]\cdot[T_{qs}]\cdot\{\Delta_s\}-\{P'_{qs}\}, \qquad (8)$$

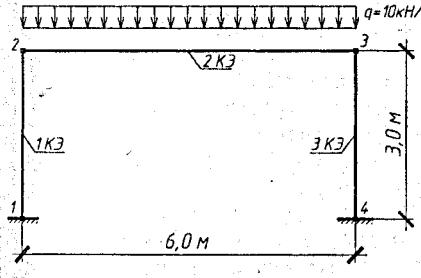


Рисунок 2

где $\{\Delta_s\}$ – перемещение узлов конечного элемента; $\{P'_{qs}\}$ – вектор узловых сил в местной системе координат от действия на элемент распределенных нагрузок.

Алгоритм расчета методом конечных элементов представлен в работе [2]:

Изучим влияние упругой податливости присоединения элементов к узлам на величины усилий в различных системах.

Рассмотрим раму, представленную на рис. 2. Определим изменение величины изгибающего момента в узле 3 в зависимости от величин упругой податливости связей в узле 1 (рис. 3). Расчет выполнен в программе Sirius+. На рис. 3 изображена эпюра изгибающего момента в узле 3 при полностью жестком присоединении 1-го конечного элемента к основанию (защемление – $c_1 = c_2 = c_3 = 0$). Результаты расчетов представлены в виде графиков, показанных на рис 4, 5, 6.

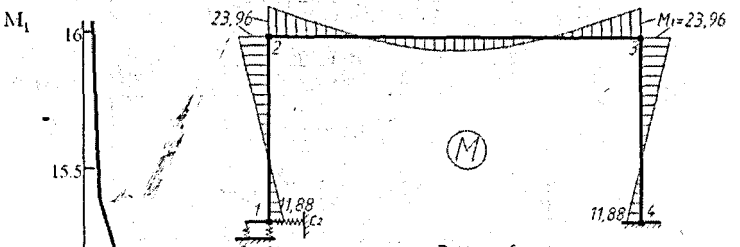


Рисунок 3

Рисунок 4

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы. При изменении величины упругой податливости c_3 угловой связи в узле 1 (левая опора) рамы, представленной на рис. 2, от 0 (что соответствует жесткой заделке) до ∞ (шарнирная опора) изгибающий момент в узле 3 изменяется от 23,96 (момент при полном защемлении стержня – рис. 3) до 20,5 (шарнирное опирание). При этом при изменении величины упругой податливости угловой упругой связи c_3 от 0 до 0,01 кН$^{-1}$ происходит резкое падение изгибающего момента в узле (M_1) от 23,96 до 20,7. Далее с увеличением упругой податливости c_3 от 0,01 до 0,09 кН$^{-1}$ падение изгибающего момента M_1 замедляется и он уменьшается от 20,7 до 20,52. При дальнейшем увеличении упругой податливости c_3 изгибающий момент в узле 3 асимптотически приближается к значению 20,5, которое отвечает шарнирному опиранию в узле.

Таким образом, при $c_3 < 0{,}01$ кН$^{-1}$ упругую податливость узла можно не учитывать, принимая присоединение стержня к узлу абсолютно жестким; при $c_3 > 0{,}09$ кН$^{-1}$ упругую податливость также можно не учитывать, считая присоединение шарнирным. В зоне же изменения c_3 от 0,01 до 0,09 кН$^{-1}$ изгибающие моменты в узлах следует определять с учетом величины упругой податливости узловых соединений стержней.

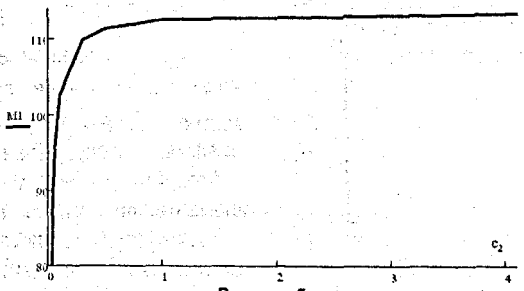


Рисунок 5

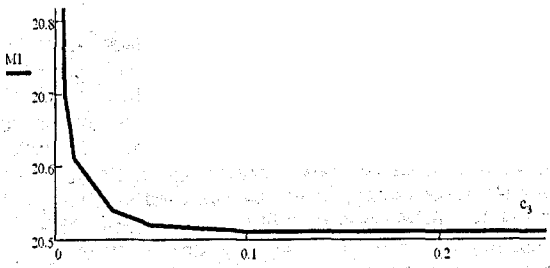


Рисунок 6 c_3

При рассмотрении влияния на величину изгибающего момента в узле 3 упругих податливостей c_1 и c_2 вертикальной и горизонтальной связей (рис. 4, 5) аналогично можно сделать вывод, что изгибающий момент в раме нужно определять с учетом упругих податливостей связей, если величины c_1 и c_2 находятся в пределах от 0,01 до 0,09 м/кН.

Подобные исследования выполнены для балок и ферм, которые позволяют определить ориентировочные пределы изменения упругих податливостей присоединения стержней к узлам, в которых необходимо учитывать упругую податливость в расчетах подобных систем.

Список цитированных источников

1. Борисевич, А.А. Строительная механика: учебное пособие / А.А. Борисевич, Е.М. Сидорович, В.И. Игнатюк. – Мн.: БНТУ, 2007. – 821 с.

2. Игнатюк, В.И. Метод конечных элементов в расчетах стержневых систем: учебное пособие. – Брест: БрГТУ, 2007. – 172 с.

УДК 378.14(07)

Винник А.Н., Микитич Е.С.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Винник Н.С.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОСТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В АРХИТЕКТУРНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Целью данной работы является наглядное представление использования геометрических форм в архитектуре. В настоящее время современному человеку даже в повседневной жизни приходится сталкиваться с поверхностями, например, при выборе мебели, автомобиля, наружного и внутреннего обустройства дома, коттеджа. Тем более будущим инженерам, проектировщикам, дизайнерам необходимо ориентироваться в многообразии поверхностей. Проектирование форм различных машин, механизмов, архитектурных объектов предусматривает использование ряда поверхностей – многогранных, криволинейных и их сочетания.

Поверхностью называют множество последовательных положений линий, перемещающихся в пространстве [1]. Эта линия может быть прямой или кривой и называется образующей поверхности. Кривая образующая может иметь постоянный или переменный вид. Перемещается образующая по направляющим, представляющим собой линии иного направления, чем образующие. Направляющие линии задают закон перемещения образующим. При перемещении образующей по направляющим создается каркас поверхности, представляющий собой совокупность нескольких последовательных положений образующих и направляющих.

Поверхности можно разделить на две группы: многогранники и кривые поверхности.

Многогранной называется поверхность, образованная частями пересекающихся плоскостей (гранями). ***Многогранником*** называется тело, ограниченное многогранной поверхностью. Грани, ребра и вершины являются элементами многогранника.

Плоскости, параллельные некоторой прямой, при взаимном пересечении образуют ***призматическую*** поверхность. Все ребра такой поверхности взаимно параллельны.

Несколько плоскостей (не менее трех), пересекающихся друг с другом в точке, образуют ***пирамидальную*** поверхность. Эта точка является вершиной, в ней пересекаются все ребра поверхности. Пирамида может быть ***правильной***, если основание ее представляет собой правильный многоугольник, а высота перпендикулярна центру основания. В других случаях пирамида называется ***неправильной***.

Призматические формы зданий – самые распространенные в строительстве (рис. 1). Но не всегда это просто скучные «коробки».

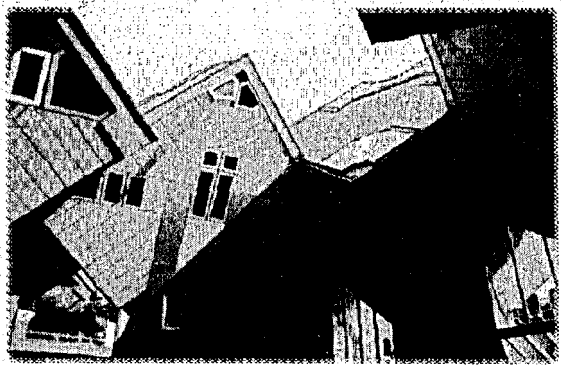


Рисунок 1- Кубические здания (Роттердам, Нидерланды)

Пирамида – одна из самых загадочных форм с точки зрения мистики, ее наделяют особыми, оккультными свойствами. Так или иначе, пирамида широко применяется в монументальной и мемориальной архитектуре. Арабская пословица гласит: все на свете боится времени, а время боится пирамид.

Кривой поверхностью называется геометрическое множество последовательных положений линии, движущейся в пространстве [2]. Поверхности, которые образуются вращением образующей вокруг неподвижной оси i, называются поверхностями вращения [3].

Кривые поверхности делятся на:

линейчатые, у которых образующими являются прямые линии;

нелинейчатые, у которых криволинейные образующие;

поверхности, задаваемые каркасом, т. е. задаются некоторым числом линий, принадлежащих поверхности;

графические поверхности – это поверхности, которые могут быть заданы только графически, т. е. образование их не подчинено никакому математическому закону, в частности топографическая поверхность [4].

винтовые линейчатые поверхности – это поверхности, у которых хотя бы одной из направляющих служит винтовая линия (косой геликоид, прямой геликоид или винтовой коноид, винтовой цилиндроид) [4];

винтовые циклические поверхности – образующей этих поверхностей является окружность.

Наиболее простыми и часто применяемыми в архитектуре являются цилиндрические своды, которые совмещают вместительность и красоту.

«Самая совершенная и объединяющая форма есть конус, – считал выдающийся русский архитектор В.О. Шервуд. – Художественное объединение нашло себе логическое обоснование в схемах чисто геометрических форм и линий» (рис. 2).



Рисунок 2 – Здание филармонии в Белгороде

Линейчатая конструкция, имеющая форму однополостного гиперболоида, является жёсткой. Для высоких сооружений основную опасность несёт ветровая нагрузка, а у решётчатой конструкции она мала.

Гиперболический параболоид, коноид и цилиндроид имеют прямолинейную образующую, что упрощает устройство опалубки при строительстве таких покрытий.

Нелинейчатые поверхности можно разделить на поверхности второго порядка и циклические.

Кривыми нелинейчатыми поверхностями являются поверхности второго порядка, к которым относятся: поверхность случайного вида образованная вращением произвольной кривой вокруг оси; сферическая поверхность образованная вращением окружности вокруг её диаметра; тор– вращением дуги окружности вокруг замыкающей её хорды; эллипсоид вращения образован вращением эллипса вокруг его большой или малой оси; двухполостный гиперболоид вращения состоит из дух полостей, образуемых движением деформирующегося эллипса, концы осей которого скользят по гиперболам; параболоид вращения образуется вращением параболы вокруг её мнимой оси; эллиптический параболоид образуется движением деформирующего эллипса, концы осей которого скользят по параболам [2].

К кривым нелинейчатым поверхностям относятся циклические поверхности, которые образуются окружностью переменного радиуса, центр которой перемещается по какой-либо кривой (поверхность случайного вида, каналовая поверхность, трубчатая, трубчатая винтовая).

Сфера имеет наибольший объем при наименьшей площади поверхности. Сфера – наилучшая форма покрытия при ветровых и снеговых нагрузках.

Винтовые конструкции имеют выразительный внешний вид благодаря визуальной легкости и воздушности конструкции.

С помощью косых плоскостей образуются покрытия зданий, крылья ветряков, при строительстве шлюзовых сооружений и каналов. На основе винтовых поверхностей, а именно – прямого и наклонного геликоида, изготавливают винты, сверла, пружины, шнеки, винтовые лестницы.

Торовые поверхности (рис. 3) появились в современных проектах отчасти в связи с новыми идеями динамической архитектуры.

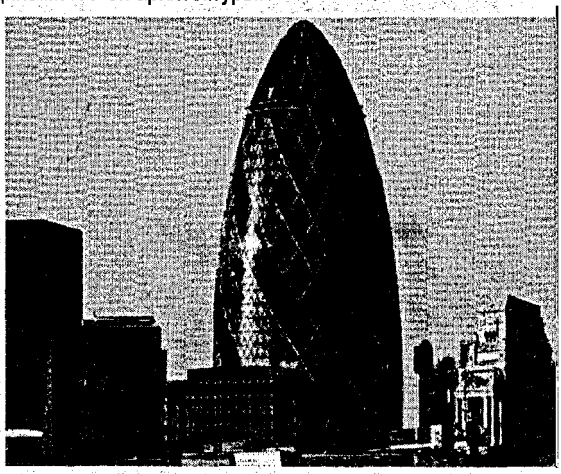


Рисунок 3 – Небоскреб Мэри-Экс, Лондон

Все виды поверхностей различаются большим разнообразием форм – от простых до самых причудливых. Знание всех видов поверхностей открывает широкие возможности для применения их эстетических качеств в оригинальных и выразительных архитектурных решениях. Чтобы выбрать ту или иную поверхность, необходимо не только уметь правильно изобразить ее на чертеже, но и представлять форму ее граничного контура с различных точек зрения, а также знать ее светотеневые свойства.

Летопись мировой архитектуры составляют, прежде всего, уникальные здания и сооружения, сохраняемые веками и аккумулирующие колоссальный культурный и технический потенциал. Такие сооружения, находящиеся среди периодически изменяющейся окружающей рядовой застройки, несут множество символических значений, служат ориентирами в городской среде, выполняют роль композиционных акцентов в ансамблях, являются историческими памятниками. Данные обстоятельства обусловливают тщательный выбор варианта архитектурного решения при строительстве или реконструкции подобного объекта и выявляют необходимость использования нетрадиционных проектных и строительных средств.

Список цитированных источников

1. Боголюбов, С.К. Черчение / С.К. Боголюбов, А.В. Воинов. – М.: Машиностроение, 1989. – С. 303.
2. Гордон, В.О. Курс начертательной геометрии / В.О. Гордон, М.А. Семенцов-Огиевский. – М.: Высшая школа, 1998. – 272 с.
3. Миронов, Б.Г. Инженерная графика / Б.Г. Миронов, Р.С. Миронова. – М.: Высш. шк., 2008. – 279 с.
4. Сберегаев, Н.П. Краткий справочник по начертательной геометрии и машиностроительному черчению / Н.П. Сберегаев, М.А. Герб. – М. – Л.: Машиностроение, 1965. – 264 с.
5. Сорокин, Н.П. Инженерная графика / Н.П. Сорокин, Е.Д. Ольшевский, А.Н. Заикина, Е.И. Шиабанова. – СПб: Издательство «Лань», 2009. – 400 с.
6. Винокурова, Л.М. Поверхности / Л.М. Винокурова, А.Д. Припадчев. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. – 65 с.

УДК 72.035.5(476.7)|18||19|
Воробей А.В.
Научный руководитель: профессор Устинов Б.С.

ОСОБЕННОСТИ ЭКЛЕКТИКИ В АРХИТЕКТУРЕ ГОРОДА БРЕСТА ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XIX – НАЧАЛА XX ВЕКОВ

Целью настоящей работы является рассмотрение стиля эклектики, сохранившегося в здании по улице Карла Маркса в городе Бресте. Еще сравнительно недавно эклектическая архитектура XIX века воспринималась лишь негативно. На первый план выдвигалось явное несоответствие функциональных и конструктивных ее элементов, с одной стороны, и эклектического, сугубо декоративного облика сооружений, с другой. Однако эта архитектура составляет неотъемлемое звено общего исторического процесса развития культуры, возникновение ее было определено социальными и идеологическими условиями. Отсюда вытекает необходимость изучения архитектуры XIX века во всех ее составляющих.

Эклектизм в архитектуре был порожден распадом классицизма как стиля и как метода архитектурного творчества. Планировочные решения, предлагаемые классицизмом, не могли вместить нового общественного содержания, новых функций. Ограничивали они во многом и использование новых конструктивных средств. Вместе с тем, классицизм не давал выявить в полной мере начала национальных культур.

Зодчие обращаются к так называемым историческим стилям, пробуют использовать их формы в современных постройках. Но даже досконально точное их воспроизведение не могло дать нужного результата. Получались сухие, жесткие, по существу безжизненные формы, которые не затрагивали основного – объёмно-пространственной композиции, образного строя архитектуры, не выявляли ее характера и пластики.

В архитектуре XIX века можно обнаружить два варианта. Первый заключался в более или менее удачном воспроизведении снаружи и внутри здания композиционно-декоративных форм какого-то одного стиля это был ретроспективизм. Второй вариант сводился к употреблению в декоративном убранстве одного здания мотивов различных стилей, иногда смешиваемых друг с другом. Например, фасады здания оформлялись в стиле итальянского барокко, внутренние же помещения подделывались под другие стили – готику, Ренессанс и прочие. Это уже был явный конгломерат стилей, то, что обычно называют эклектикой.

Российская архитектура прошла в XIX веке в основных чертах путь, параллельный развитию западной архитектуры. Он может быть разделен на три этапа: первый, примерно с 1830-х до начала 1860-х годов – период реформ, когда Россия вступила в пределы капиталистической формации; второй начался в это время и продолжался до середины 1890-х годов – времени промышленного подъема; и третий – непосредственно до переворота 1917-го года.

Основоположником рационалистического течения в русской архитектуре считается А.К. Красовский, преподаватель петербургского Строительного училища, позже преобразованного в Институт гражданских инженеров (ИГИ). А. К. Красовский отмечал, что «рационалисты-эстетики» компонуют исторически существующие формы и анализируют их с точки зрения производимого ими впечатления, и это непременно приводит к эклектике; в то же время «рационалисты-техники», опираясь на материал и конструкцию, следят за тщательностью и чистотой выполнения каждой детали и за тем, чтобы строение отвечало своему полезному содержанию. Пытаясь найти единые принципы для обоих направлений рационализма, А.К. Красовский задолго до возникновения модерна писал: «Направление архитектуры не должно состоять в исключительном стремлении к

одному полезному или одному изящному; основное правило ее – преобразование одного в другое, т.е. полезного в изящное».

Почин возрождения в 1840-х годах кирпичного производства и строительства принадлежит Мюнхену, Вене и Берлину. Преобразователем архитектуры Берлина явился Карл Фридрих Шинкель, который оставил немногочисленные, но великолепные образцы кирпичной архитектуры. Построенная им Берлинская строительная академия – образец прочности материала и богатства форм. В. А. Шретер был студентом этой академии, а И.С. Китнер в 1870 г. во время посещения Германии отметил свежесть и прочность ее здания, построенного 35 лет назад. Ученики Шинкеля, развивая его опыт рационалистического направления, опередили своего учителя, достигнув невероятного богатства форм и цветов.

«Кирпичный стиль» использованием небольших деталей, их обилием и малой рельефностью ориентировался на выразительность целого. Модерн, для которого выразительность целого была также важна, обогатил постройки из кирпича новыми элементами. Применение местных долговечных материалов – финляндского камня, гранита, цементной штукатурки, тесаных деталей, черепицы – создало не только цветовую контрастность, но и контрастность фактур, что внесло еще большую живописность в постройки из кирпича.

Общие тенденции развития архитектуры в XIX в. коснулись и Бреста. В 1868 г. при Брест-Литовской крепости начала действовать печь овальной формы для обжига кирпича системы Гофмана. Застройка г. Бреста, как и всех уездных городов, велась домами не выше двух этажей. Рассмотрим жилой дом по ул. Карла Маркса 11, одно из интереснейших уцелевших зданий города Бреста. Здание сооружено в конце XIX в. (80-е–90-е гг.) и представляет собой образец регионального эклектизма, господствующего архитектурного направления того времени.

В градостроительном аспекте дом занимал рядовое место в уличной застройке конца XIX в. и был расположен вдоль красной линии без отступов. Главной особенностью здания является то, что оно построено из лицевого кирпича. В конце XIX начале XX веков в застройке был распространен так называемый «кирпичный стиль», когда здание выполнялось из лицевого кирпича и весь декор был построен на основании выступающих и западающих плоскостей, а также применению лекальных кирпичей в отделке фасадов.

Как правило, в жилых зданиях, построенных в кирпичном стиле, характерные особенности были выражены в основном в архитектурном решении главного фасада. В нашем случае стилевые особенности распространяются, кроме главного, на решение одного из боковых фасадов и дворового. Применение архитектурных деталей со стороны бокового фасада объясняется тем, что с этой стороны был проезд на территорию дворового участка. В то же время другой боковой фасад, выходящий на границу с соседним участком, был просто брандмауэром, что соответствовало строительным нормам того времени.

Выполнение архитектурного декора на дворовом фасаде не было характерным приемом для «кирпичного стиля», и наличие его в здании является скорее исключением, чем правилом. Наиболее вероятно, что это было связанно с тем, что изначально данный фасад выходил не в хозяйственный двор, а в сад. Это один из немногих сохранившихся домов в Бресте, имеющих пластическое решение бокового и дворового фасадов. Однако отсутствие присущего эклектике разделения на главный и второстепенные фасады можно рассматривать как предпосылку всефасадности, характерной для последующей архитектуры модерна.

На главном фасаде прослеживается классическая трехчастная структура во фронтальной композиции здания. Главный фасад разделен пилястрами на центральную часть и два боковых ризолита, завершенный сложными по рисунку аттиками с пинакля-

ми. Вся поверхность стены главного фасада насыщена архитектурным декором: крупный руст, оконные обрамления, сандрики, пилястры, многочисленные филенки, ложные арки, сухарики, пояски.

В здании применено ренессансное решение: на первом этаже прямоугольные окна, весь второй этаж имеет арочные оконные проемы. Ризолиты здания имеют карнизы, отделяющие первый этаж от второго. В центральной части фасада карниз отсутствует. Дворовой фасад так же имеет членение карнизом между первым и вторым этажами. На втором этаже ризолиты отделяются от центральной части фасада рустованными пилястрами. Аттик по уровню карниза центральной части здания имеет ложные арки. Аттик центральной части здания утерян. По всей вероятности, он имел форму центральной части аттика ризолита, но документально это не подтверждено.

Различный рисунок обрамления окон центральной и боковых частей обогащает пластику фасада. Дополняют архитектурный облик здания расположенные на боковых ризолитах балконы с массивными кронштейнами с ажурной решеткой. В решении главного фасада доминируют монументальные формы, придающие зданию особую значительность, что было характерно для застройки этой части города в конце XIX века.

Целостность и гармоничность объема, его уравновешенность, пластичный скульптурный силуэт здания говорит о высоком мастерстве автора проекта. Участие в проектировании профессионального архитектора не вызывает сомнения. Лицевая кладка выполнена высококачественным желтым кирпичом. Аналогичный кирпич применялся в фасадах брестского железнодорожного вокзала. Здание вокзала было построено в 1886 году. Исходя из качества лицевого кирпича, можно предположить, что дом по ул. Карла Маркса 11 был построен примерно в это же время.

Список цитированных источников

1. Бартеньев, И.А. Очерки истории архитектурных стилей / И.А. Бартеньев, В.Н. Батажкова – Москва: Изобразительное искусство, 1983. – 383 с., ил.

2. Betthausen, P. Karl Friedrich Schinkel. – Berlin: Kunst und Gesellschaft, 1983.

3. Ширяева, Л.А. Особенности архитектурного декора брестской эклектики / Л.А. Ширяева // Архитектурное наследие Прибужского региона. Сохранение и культурно-туристское использование: сборник науч. трудов III Международной науч.-практич. конф., Брест 29-30 мая 2012 года / БрГТУ. – Брест, 2012.

УДК 528.482

Галожин И.С., Прокопук Е.С.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Зуева Л.Ф

СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРЕНА ВЫСОТНОГО СООРУЖЕНИЯ СПОСОБОМ КООРДИНАТ И С ПОМОЩЬЮ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ФОРМУЛ

Целью настоящей исследовательской работы являлось определение крена колокольни Свято-Воскресенского собора (г. Брест) двумя способами, сравнение полученных результатов и точностных характеристик способов координат и дифференциальных формул И.С.Рабцевича.

Крен (наклон вертикальной оси) является наиболее характерным показателем совместной деформации высотного либо башенного сооружения и его основания. В таких сооружениях, обладающих повышенной чувствительностью к деформациям грунтов основания, крен вызывает развитие дополнительного момента, который в свою очередь способствует увеличению крена и может привести к потере устойчивости сооружения [4].

Нами для определения крена и сравнительного анализа были выбраны два способа, основанные на решении прямой угловой засечки. Оба способа одинаковы по составу

измерений, и их можно использовать для точных систематических определений крена башен значительной высоты и для наблюдений групп сооружений [1, 2].

Для организации наблюдений на местности вокруг сооружения на расстоянии 1,5-2 высоты были выбраны и закреплены три пункта – А, С и В (рис. 1), с которых выполнялись измерения горизонтальных углов способом круговых приёмов В.Я.Струве двумя приёмами.

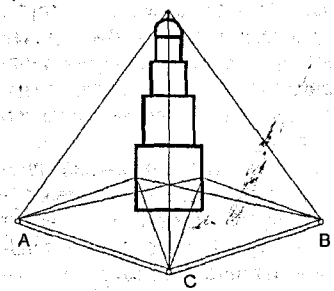


Рисунок 1 – Схема измерений прямой угловой засечкой

При измерении горизонтальных углов наблюдаем за образующими, т.к. центра колокольни не видно, а в качестве направления на центр принимаем среднее из направлений на образующие в нижней части первого яруса колокольни. В измерения включен верх креста колокольни.

Горизонтальные и вертикальные углы были измерены электронным теодолитом АТЛАС КТ-05 (точность измерения горизонтальных углов 5"). Теодолит, работающий по принципу «угол-код», позволяет во время наблюдений получать результаты измерений на цифровом дисплее, причем исключает из них личные погрешности наблюдателя.

Длины линий АС и СВ (базисы) были измерены лазерной рулеткой Leica Disto A5 с точностью порядка 2 мм. Для определения направления крена был измерен магнитный азимут по одному из базисов. Для контроля и повышения точности определения крена необходимо использовать хотя бы двукратную засечку (2 треугольника).

Математическая обработка результатов измерений была выполнена по алгоритмам указанных выше способов.

В способе координат обработка результатов измерений заключается в вычислении координат фактической оси сооружения, соединяющей центры верхнего и нижнего сечений. Нами для математической обработки результатов измерений и вычисления координат был использован параметрический способ уравнивания метода наименьших квадратов, который лежит в основе программы CREDO_DAT, широко используемой в геодезическом производстве и в учебном процессе в БрГТУ.

Результаты измерений введены в программу вручную через клавиатуру ПК, используя вкладку *Измерения*. Для поиска грубых ошибок выполнили *Предобработку*, а затем выполнили *Уравнивание* и получили координаты и высоты центра в нижнем сечении и верха креста колокольни. Результаты ввода данных и графическое представление решения задачи представлено на рис. 2.

По разности координат центров сооружения вверху и внизу, представленных в таблице 1, находят составляющие крена Q_x и Q_y:

$$Q_X = X_B - X_H; \quad Q_Y = Y_B - Y_H; \quad Q = \sqrt{Q_X^2 + Q_Y^2}; \quad tg\,\alpha_Q = \frac{Q_Y}{Q_X}, \qquad (1)$$

где Q_x, Q_y, Q – соответственно значения частных кренов по осям X, Y и значение общего крена в линейной мере; α_Q – дирекционный угол, характеризующий направление крена.

Таблица 1 – Каталог координат и высот

Имя пункта	Координаты в частной системе координат, м		Высоты H в условной системе высот, м	Крен, м и его направление
	X	Y		
A	371,036	438,535	99,866	Q_x = +0,014 м; Q_y = +0,068 м; Q = 0,07 м α_Q =78°22' (СВ)
B	325,171	615,278	101,047	
крест	407,781	528,680	157,915	
низ	407,767	528,612	101,511	
C	300,000	500,000	100,000	

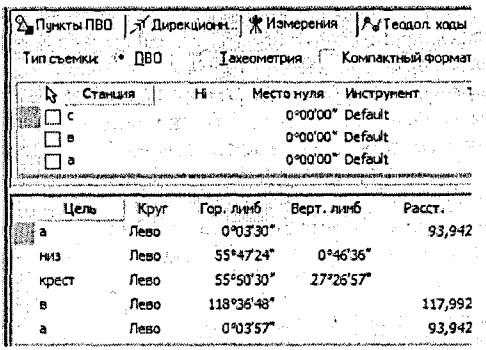


Рисунок 2 – Результаты измерений на точке С и схема угловых засечек в графическом окне программы CREDO_DAT

Наилучший результат способ координат дает при систематических измерениях с одних и тех же точек постоянно закрепленных на местности базисов и широко используется при определении кренов высотных и башенных сооружений с помощью электронных тахеометров. Этим способом можно исследовать изгиб башни через определенные интервалы по высоте. Наблюдения осуществляют на несколько горизонтов (ярусов) [1].

Применение дифференциальных формул было предложено И.С. Рабцевичем для наблюдений за дымовыми трубами на промышленных предприятиях и может быть использовано при наблюдениях за креном культовых сооружений, имеющих в сечении окружность.

Горизонтальные смещения по осям координат (составляющие крена) вычисляют по дифференциальным формулам в зависимости от изменений $\Delta\gamma$ горизонтальных углов на центр в верхнем и нижнем сечении (рис. 3):

$$\Delta X_T = A\cdot\Delta\gamma_1 + B\cdot\Delta\gamma_2; \quad \Delta Y_T = -C\cdot\Delta\gamma_1 + D\cdot\Delta\gamma_2. \tag{2}$$

Коэффициенты *A*, *B*, *C* и *D* зависят от геометрической формы треугольника:

$$A=\frac{b_1^2}{b\cdot\rho}; \quad B=\frac{b_2^2}{b\cdot\rho}; \quad C=\frac{b_1^2}{b\cdot\rho}ctg\gamma_2; \quad D=\frac{b_2^2}{b\cdot\rho}ctg\gamma_1, \tag{3}$$

где b_1 и b_2 – расстояния от станций 1 и 2 до наблюдаемой точки;

b – расстояние между станциями наблюдений.

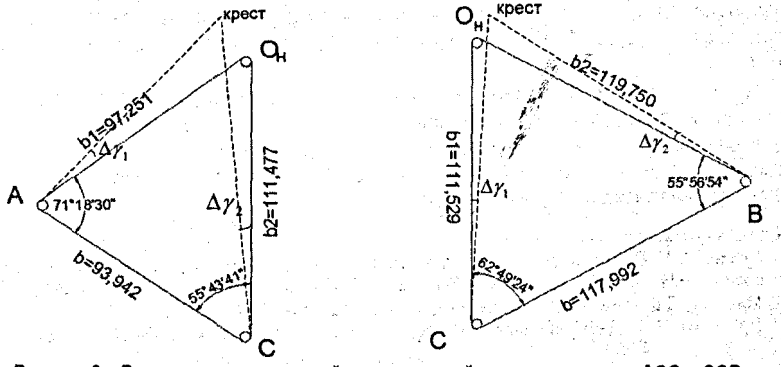


Рисунок 3 – Результаты измерений и вычислений в треугольниках АОС и СОВ

В этом случае станции наблюдений (А, В и С) достаточно только обозначить на местности и привязать к заводской ситуации промышленного объекта, что значительно уменьшает затраты на организацию наблюдений, не снижая требуемой точности в последующих циклах наблюдений. Коэффициенты вычисляют только в первом цикле измерений. Причем длины базисов, дирекционные направления, а также углы γ_1 и γ_2 могут быть взяты с необходимой точностью непосредственно с генплана завода. Приращения координат, вычисленные по формулам (2), дают возможность без вычисления самих координат определять величину крена [3].

Численные значения коэффициентов, характеризующих форму треугольников, составляющие крена и полный крен колокольни, вычисленные по дифференциальным формулам, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты вычислений по способу И.С. Рабцевича

Треугольник АОС	Треугольник СОВ
Значения коэффициентов и угловых смещений	
A = 0,029286 B = 0,038478 C = 0,019957 D = 0,013018	A = 0,030665 B = 0,035353 C = 0,020729 D = 0,018151
$\Delta\gamma_1$ = – 0'33"= –0,55'; $\Delta\gamma_2$ = +3'06"= +3,10'.	$\Delta\gamma_1$ = +3'06"= +3,10'; $\Delta\gamma_2$ = + 0'33"= + 0,55'.
Составляющие крена, м	
ΔX_T = +0,103 м; ΔY_T = +0,051 м.	ΔX_T = +0,114 м; ΔY_T = -0,054 м.
Значения крена из двух треугольников: $Q = \sqrt{\Delta x_T^2 + \Delta y_T^2}$	
Q = 0,115 м	Q = 0,126 м

Среднее значение крена колокольни Q_{CP}= 0,12 м, что меньше предельного абсолютного значения 0,226 м.

Значение относительного крена для колокольни высотой 56,4 м составляет:

– в способе координат Q/H = 0,0012;

– в способе Рабцевича Q/H = 0,0021;

что не превышает допустимого значения 0,004 [5].

По результатам выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

– в способе координат величина крена оказалась на 40% меньше, чем по дифференциальным формулам, так как при вычислении координат центра в нижнем сечении и верха креста использовались принципы уравнительных вычислений, и погрешности измерений равномерно распределялись на все результаты измерений;

– значение полного крена в способе Рабцевича ближе к истинному значению, так как коэффициенты и сам крен получены в чистом виде (из решения треугольников по результатам измерений) без применения уравнивания, и поэтому величина крена оказалась больше;

– точность определения крена этими двумя способами одинакова, так как использованы одни и те же результаты измерений;

– в случае, если значение крена близко к предельному значению, нельзя ограничиваться только одним способом, а следует применить несколько способов определения крена и проанализировать результаты.

Список цитированных источников

1. Губенко, Е.Н. Обобщение геодезических методов определения крена дымовых труб промышленных предприятий / Е.Н. Губенко, Ким, А.С. М.А. Красавцев // Геодезия и картография. – 1978. – № 10. – С. 39-49.

2. Михелев, Д.Ш. Инженерная геодезия. – М.: ИЦ Академия, 2004. – 480 с.

3. Рабцевич, И. С. Дифференциальные формулы определения кренов // Геодезия и картография. – 1982. – № 6. – С. 34-35.

4. Руководство по определению кренов инженерных сооружений башенного типа геодезическими методами. – М.: Стройиздат, 1981. – 56 с.
5. Геодезические работы в строительстве. Правила проведения: ТКП 45-1.03-26-2006. – Мн.: Минархстрой РБ, 2006. – 66 с.

УДК 81'373.6:811.161.3=161.3
Гетман У.А.
Навуковы кіраўнік: ст. выкладчык Мхаян Т.М.

ОРДАР І ЯГО ЭЛЕМЕНТЫ: ЭТЫМАЛОГІЯ І АДАПТАЦЫЯ ЛЕКСЕМ У БЕЛАРУСКАЙ МОВЕ

У падмове архітэктурнага праектавання налічваецца больш за 30 лексем, якія называюць элементы архітэктурнага ордара і з'яўляюцца тэрмінамі. Як адзначае мовазнаўца Антанюк Л.А., навуковы тэрмін – гэта «намінанта сістэмы паняццяў навукі, тэхнікі, вытворчасці, грамадскага жыцця, афіцыйнага стылю мовы » [1, с. 9]. Ён адрозніваецца ад агульнаўжывальнага слова тым, што патрабуе падрыхтоўкі ў пэўнай галіне навукі, тэхнікі, культуры, зразумелы толькі тым, хто працуе ў гэтай сферы, агульная ж лексіка засвойваецца людзьмі па меры іх авалодання мовай. Тэрміны з'яўляюцца самай важнай групай у спецыяльнай лексіцы, выкарыстоўваюцца для лагічнага і дакладнага вызначэння навуковых паняццяў. Вызначаюцца аднакампанентныя, двухкампанентныя, трохкампанентныя тэрміны, яны розныя па паходжанні і ўтвораны рознымі шляхамі. Намі разгледжана 10 аднакампанентных тэрмінаў ахітэктурнай ордарнай сістэмы, якія запазычаны з грэчаскай і лацінскай моў і ўтвораны лексіка-семантычным шляхам.

Тэрміны ўтвараюцца рознымі спосабамі: сінтаксічным (спалучэннем слоў), суфіксальным, прыставачна-суфіксальным, аснова- і словаскладаннем і г.д. Аднак большая частка тэрмінаў створана на аснове агульнаўжывальнай лексікі, часцей за ўсё шляхам метафарызацыі, пераасэнсавання паняццяў.

Тэрмін *ордар* быў уведзены тэарэтыкам архітэктуры другой паловы I стагоддзя да н.э. Вітрувіем. Ордар – гэта замацаваная традыцыяй сістэма элементаў архітэктурнай формы, якая вядзе сваё паходжанне ад мастацкага асэнсавання заканамернасцяў стойкавабэлечнай каменнай канструкцыі.

Слова *ордар* прыйшло ў беларускую мову з лацінскай мовы, дзе мела значэнне «лад, парадак». Таму *парадак пабудовы элементаў* гэтай архітэктурнай сістэмы і назвалі *ордарам.* У рускую мову слова *ордар* прыйшло праз мову-пасрэдніцу (нямецкую мову) у часы кіравання Пятра I, пасля яго падарожжаў па Еўропе (цар цікавіўся еўрапейскімі культурнымі здабыткамі). Хутка пачалі будавацца палацы ў замежным стылі. Напрыклад, па грэчаскіх канонах быў пабудаваны Зімні палац (1755г.) нямецкім архітэктарам Георгам Матарнові. У пабудове палаца сістэма архітэктурнага ордара прысутнічае як у экстэр'еры, так і ў інтэр'еры.

У беларускую мову лексема *ордар* і іншыя лексемы, якія называюць элементы гэтай архітэктурнай сістэмы, трапілі, на нашу думку, праз польскую мову, а не праз рускую. Пра гэта сведчаць архітэктурныя помнікі пачатку XV стагоддзя, якія захаваліся на тэрыторыі Беларусі. Адным з іх з'яўляецца Нясвіжскі замак, які быў пабудаваны раней, чым замкі з элементамі ордара на тэрыторыі Расіі. Першыя згадванні пра Нясвіжскі замак сустракаюцца ў летапісах XIII стагоддзя.

Прыгадаем і Ружанскі палацава-замкавы комплекс (па архіўных звестках, ён быў пабудаваны каля 1602 года). Замак з'яўляўся рэзідэнцыяй Сапегаў, польскіх магнатаў. Руіны – тое, што засталося ад велічнай пабудовы, – яскрава сведчаць, што галоўная частка замка пабудавана па грэчаскіх канонах стоечна-бэлечнай сістэмы.

Такім чынам, пабудовы з элементамі ордара пачалі сустракацца на беларускай зямлі пасля аб'яднання ВКЛ і Каралеўства Польскага. Таму можна лічыць, што лексема *ордар* з'явілася ў беларускай мове праз мову-пасрэднiцу – польскую. Мяркуем, што архітэктура Каралеўства Польскага паўплывала і на будаўніцтва палацаў у Расіі. Вялікі палац, які пачаў будавацца адразу пасля наведвання Пятром I Варшавы 23 верасня 1709 года (пасля Палтаўскай перамогі), нагадвае планіроўку польскага Палаца ў Вілянове (датуецца першай паловай XVI ст.). Такім чынам, ёсць падставы лічыць, што *ордар* як архітэктурная сістэма прыйшоў на тэрыторыю Беларусі з Польшчы.

Ордар як архітэктурная сістэма быў запазычаны з неславянскага дойлідства, таму для абазначэння новых з'яў і паняццяў спецыялісты карысталіся словамі-тэрмінамі іншамоўнага паходжання.

У класічнай ордарнай сістэме налічваецца 5 ордараў: дарычны, іанічны, карынфскі, а таксама тасканскі і кампазітны – яны сфарміраваліся пазней, ужо ў старажытным Рыме.

Як ужо адзначалася, большасць аднакампанентных тэрмінаў утворана ў выніку тэрміналагізацыі агульнаўжывальных слоў. Асаблівая роля пры гэтым належыць матывацыі, перш за ўсё метафары. «Метафара дае перанос значэння па падабенстве, у выніку чаго два прадметы, зусім розныя па сваім прызначэнні, па паходжанні збліжаюцца на аснове якой-небудзь рысы, звычайна знешняй у адносінах да іх» [2, с. 208].

База – слова грэчаскага паходжання. Значэнне (Basis) – аснова, фундамент. Слоўнік падае некалькі значэнняў гэтага слова: 1) апорная частка калоны ў збудаванні; 2) аснова, тое галоўнае, на чым грунтуецца, ствараецца што-небудзь (напр., эканамічная *база* краіны); 3) апорны пункт, месца, дзе засяроджаны якія-небудзь запасы (напр., ваенная *база*, турысцкая база); 4) склад тавараў, матэрыялаў; 5) адлегласць паміж восямі ў транспартных сродках; 6) паказчыкі, якія бяруцца за аснову, тыпавы варыянт, норма [3, т. 1, с. 192].

Як відаць, лексема *база* стала шырока выкарыстоўвацца не толькі ў галіне архітэктуры, але і ў іншых галінах ведаў: эканамічнай, ваеннай і г. д., аднак асноўнае значэнне засталося – усе, што ляжыць у аснове той ці іншай з'явы або прадмета. У ордарнай сістэме гэта элемент, на якім стаіць *калона*.

Калона – слова з лацінскай мовы, абазначае «слуп». У славянскія мовы яно трапіла праз французскую мову. У сучаснай мове слова мае некалькі значэнняў: 1) збудаванне ў выглядзе слупа, якое служыць апорай ці дэкаратыўна-мастацкім элементам у будынку; 2) парадак пастраення войск, пры якім падраздзяленні стаяць або рухаюцца адно за адным на пэўнай дыстанцыі; 3) група людзей або машын, трактароў і інш., якія размешчаны або рухаюцца выцягнутай лініяй, адзін за адным [3, т. 1, с. 568-569].

Мы бачым, што адно і тое ж слова выкарыстоўваецца ў якасці тэрміна ў розных тэрмінасістэмах – архітэктурнай, ваеннай, але ў аснове значэнняў ляжыць першаснае значэнне – «слуп».

Капітэль – ад лацінскага агульнаўжывальнага слова *галава* (capitellum) [3, т. 1, с. 608]. Якая сувязь паміж галавой і капітэллю архітэктурнай? Капітэль уяўляе сабой верхнюю частку калоны, як бы «галаву» сістэмы паміж верхняй і ніжняй гарызантальнымі часткамі сістэмы. Так адбыўся перанос слова па падабенстве (метафарызацыя).

Эхін – слова грэчаскага паходжання, мае значэнне «вожык» [3, т. 2, с. 729]. Так старажытныя грэкі звалі ракавіну малюска марскога вожыка, якую яны выкарыстоўвалі ў якасці пасудзіны, ёмкасці. Ракавіна малюска вельмі падобна да архітэктурнай дэталі – ніжняй часткі капітэлі, размешчанай пад верхняй плітой – абакай. Эхін найчасцей ужываецца ў дарыйскім ордары, дзе ён выглядае накшталт пругкай «падушкі». У карынфскім ордары ён вельмі змяніў свой выгляд, але назва так і замацавалася за гэтым элементам. Так агульнаўжывальнае слова стала архітэктурным тэрмінам.

Абака – ад грэчаскага слова abakos – дошка [3, т. 1, с. 9]. У архітэктуры тэрмін *абака* – верхняя частка *капітэлі калоны* ў выглядзе гарызантальнай пліты.

Акант – назва травяністай расліны з фігурным лісцем, якая расла на тэрыторыі старажытнай Грэцыі. Ад грэчаскага akanthos [3, т. 1, с. 39]. Назву гэтую перанеслі на скульптурнае ўпрыгожанне капітэлі, якое нагадвае лісце гэтай расліны.

Трыгліф – ад грэчаскага слова triglyphos, дзе treis значыць *тры*, а glypho – *рэжу* [3, т. 2, с. 479]. Так назвалі прамавугольную каменную пліту з трыма вертыкальнымі жалабкамі, размешчанымі паміж двума метопамі ў фрызе дарычнага ордара.

Фасцыі – слова лацінскага паходжання. Значэнне (fascia) – павязка, паласа [3, т. 2, с. 547]. У медыцынскай тэрміналогіі гэта лексема абазначае тонкія абалонкі са злучальнай тканкі, якія пакрываюць асобныя мышцы або іх групы, а таксама некаторыя органы. У архітэктуры *фасцыі* – гэта гарызантальныя ўступы, на якія падзяляецца архітраў некаторых архітэктурных ордараў.

Як бачым, гэты тэрмін і ў медыцынскай тэрміналогіі, і ў архітэктурнай захаваў першаснае значэнне – паласа. У ордарнай сістэме гэта выцягнуты гарызантальны элемент, на які падзяляецца архітраў.

Кесоны – ад французскага слова caisson – скрыня [3, т. 1, с. 645]. У архітэктуры гэтую назву перанеслі на квадратныя ці шматкутныя дэкаратыўныя паглыбленні ў стольным зводзе ці на ўнутранай паверхні аркі.

Столь, аздобленую кесонамі, завуць кесаніраванай ці *лакунарнай* (ад лацінскага слова lacuna – «паглыбленне», «лакуна»). У металургіі гэты тэрмін называе элемент сценкі шахтавай металургічнай печы ў выглядзе сталёвай скрынкі, якую астуджваюць вадой. Тэрмін *кесоны* выкарыстоўваюць як у металургіі, так і ў архітэктуры, і ў аснове абодвух выпадкаў ляжыць значэнне – скрыня.

Пры запазычванні тэрміна, як і любой лексемы, з іншай мовы адбываецца яго падпарадкаванне законам той мовы, у якую яно запазычваецца. Так, лексемы грэчаска-лацінскага паходжання набылі асаблівасці беларускай мовы, у прыватнасці, фанетычныя: а) гукі [ж], [дж], [р], [ц], [ч], [ш] зацвярдзелыя ў беларускай мове, таму і ў запазычаных словах яны вымаўляюцца цвёрда: стэрэабат, трыгліф, фрыз; б)беларускай мове характэрна аканне, таму гэту з'яву назіраем і ў запазычаных словах: калона, стылабат, стэрэабат; в)фрыкатыўны гук [г]: астрагал, трыгліф.

Аднак большасць запазычаных тэрмінаў складаюць выключэнне з правілаў напісання беларускай мовы:

– не адбываецца пераход *е* ў *я* ў першым складзе перад націскам: канелюры, метоп, антаблемент;

– *э* захоўваецца незалежна ад націску: энтазіс, эхін;

– не назіраем дзекання і цекання: стэрэабат, стылабат.

Словы іншамоўнага паходжання, як правіла, захоўваюць рысы запазычанасці:

а) наяўнасць у слове гука [ф]: фуст, фрыз; б) наяўнасць нехарактэрных беларускай лексіцы спалучэнняў: іоніка; в)прыстаўкі *а-, анты-, архі-, контр-, рэ-, дэ-, дыс-, амфі-*: архітраў, архітэктурны; г)спалучэнні *дэ, ды, тэ, тыр*: капітэль; д) пачатковае э: энтазіс.

Большасць архітэктурных тэрмінаў ордарнай сістэмы, трапіўшы з грэчаскай ці лацінскай моў ў славянскія мовы, змянілі свае марфалагічныя катэгорыі і марфемны склад. Напрыклад, слова *энтазіс* (грэчаскага паходжання) у мове-крыніцы мела форму жаночага роду, на што ўказвае канчатак – is [2, с. 217], а ў беларускай мове набыло значэнне мужчынскага роду.

Словы *іоніка, астрагал, плінт, акант* страцілі канчатак – os, а слова *капітэль* страціла канчатак – um. Некаторыя словы, напрыклад, *стэрэабат, стылабат*, засталіся без канчатка – es.

Такім чынам, разгледзеўшы этымалогію запазычаных тэрмінаў *ордар* і элементаў ордарнай сістэмы (*база, калона, капітэль, эхін, абака, акант, трыгліф, фасцыі, кесоны*), можам зрабіць вывад, што першапачатковае агульнавядомае значэнне слоў у мове-крыніцы стала базай для развіцця спецыяльнага значэння – гэта значыць, тэрміна. Семантыкай агульнаўжывальнага слова валодалі носьбіты мовы-крыніцы, а значэннем тэрміна падмовы ахрітэктурнага праектавання валодаюць спецыялісты-архітэктары.

Спісак цітаваных крыніц

1. Антанюк, Л.А. Беларуская навуковая тэрміналогія: фарміраванне, структура, упарадкаванне, канструяванне, функцыяніраванне / Л.А. Антанюк – Мінск: Навука і тэхніка,1987. – 238 с.
2. Ляшчынская, В.А. Студэнту аб мове: прафесійная лексіка: вучэбны дапаможнік для студэнтаў ВНУ / В.А. Ляшчынская – Мінск: ІВЦ Мінфіна, 2003. – 243 с.
3. Булыка, А.М. Слоўнік іншамоўных слоў: у 2 т. / А.М. Булыка. – Мінск: БелЭН, 1999.

УДК 801.3:721.012

Гетман У.А.
Навуковы кіраўнік: ст. выкладчык Мхаян Т.М.

ЛЕКСІКА-ГРАМАТЫЧНАЯ ХАРАКТАРЫСТЫКА ТЭРМІНАЛОГІІ ПАДМОВЫ АРХІТЭКТУРНАГА ПРАЕКТАВАННЯ

Навуковае паняцце або з'ява можа быць абазначана адным словам-тэрмінам ці словазлучэннем-тэрмінам, паколькі «фармальныя межы асобнага тэрміна знаходзяцца ў прамой залежнасці ад зместавых межаў тэрмінавага паняцця» [1, с. 62]. Традыцыйна паводле будовы вылучаюць тэрміны словы (невытворныя, вытворныя, складаныя, абрэвіятуры) і тэрміны словазлучэнні (свабодныя і несвабодныя). Словы-тэрміны прадстаўлены такімі самастойнымі часцінамі мовы, як назоўнікі, прыметнікі, дзеясловы і прыслоўі.

У падмове архітэктурнага праектавання асноўную колькасць аднаслоўных тэрмінаў складаюць назоўнікі. І гэта невыпадкова, таму што назоўнікі называюць канкрэтныя прадметы (*сцяна, балюстра, камень, налічнік, бэлька, калона, дах, акно, арка, будынак, дзверы*), асоб (*архітэктар, будаўнік, вучоны, майстар, скульптар*), рэчывы (*пясок, цэгла, клей, цэмент, смала*), прыметы, якасці, дзеянні, стан (*мантаж, праектаванне, будаўніцтва, эскізіраванне, праход, святло, зелень*) і г. д. Паводле паходжання назоўнікі, якія складаюць тэрміналогію падмовы архітэктурнага праектавання, неаднародныя. Адны з'яўляюцца ўласнабеларускімі (*камень, сцяна, лапатка – плоскі выступ сцяны, які не мае капітэлі, перакрыцце, замок – верхні камень аркі, які замыкае арку і ператварае яе ў нясучую канструкцыю, акно*), другія – запазычанымі (*камунікацыі (з лацінскай мовы – communicatio), вестыбюль (з французскай мовы – vestibule), кампазіцыя (з лацінскай мовы – compositio), тэктоніка (з грэчаскай мовы – τεκτονικός), арка (з лацінскай мовы – arcus), цокаль (з італьянскай мовы – zoccolo), маштаб (з нямецкай мовы – Maßstab), кантраст (з французскай мовы – contraste), нюанс (з французскай мовы – nuance), мантаж (з французскай мовы – montage), трыгліф (з грэчаскай мовы – triglyphos), фасцыя (з лацінскай мовы – fascia), інтэркалумній (з лацінскай мовы – intercolumnium), фуст (з лацінскай мовы – fustis)* і інш). Паводле ўтварэння тэрміны назоўнікі бываюць невытворныя (*акно, сцяна, столь*) і вытворныя (*лапатка* – утворана лексіка-семантычным спосабам ад назоўніка *лапата*; *перакрыцце* – утворана ад дзеяслова *перакрыць* суфіксальным спосабам, *праектаванне* – утворана ад дзеяслова *праектаваць* суфіксальным спосабам).

Паводле структуры архітэктурныя тэрміны назоўнікі падзяляюцца на простыя (*эркер, гаўбец, труба, комін, праём*), складаныя (*аб'ёмна-прасторавы, света-ценявы, бэлечна-*

кансольны, гліна-пясчаны, зборна-маналітны), сустракаюцца і абрэвіатуры (*АМ – Акадэмія мастацтваў*). Паколькі характэрнай рысай мовы навукі з'яўляецца «абстрактнасць, абагульненая падача матэрыялу», а таксама «пераважанне слоў з адцягненым значэннем» [2, с. 324], то ў падмове архітэктурнага праектавання назіраем вялікую колькасць абстрактных назоўнікаў (*маштабнасць, кантраст, нюанс, вертыкаль, гарызанталь, прапорцыі, сіметрыя, асіметрыя*). Аднак большасць назоўнікаў-тэрмінаў ў падмове – канкрэтныя, якія называюць прадметы, аб'екты, з'явы, што ўспрымаюцца як рэаліі жыцця: *перакрыцце – гарызантальная ўнутраная ахоўная канструкцыя, якая падзяляе па вышыні сумежныя памяшканні ў будынку ці збудаванні; арка – архітэктурны элемент, крывалінейнае перакрыцце скразнога ці глухога праёма ў сцяне ці пралёта паміж дзвюма апорамі; кесоны – элемент дзялення столі ці ўнутранай паверхні звода; архітраў – галоўная бэлька, ніжняя частка антаблемента; калона – збудаванне ў выглядзе слупа, якое служыць апорай ці дэкаратыўна-мастацкім элементам у будынку; абака – верхняя частка капітэлі ў выглядзе гарызантальнай плітьі; капітэль – верхняя частка калоны або пілястры, размешчаная паміж ствалом апоры і гарызантальным перакрыццем* і інш.

У якасці слоў-тэрмінаў даволі часта ў адзначанай падмове выступаюць прыметнікі. Яны аб'ядноўваюць розныя па значэнні групы лексем: прыкмета можа быць якаснай, уласцівай самому прадмету, а можа быць адноснай, г. зн. абазначаць прымету прадмета праз адносіны да іншага прадмета, паняцця або дзеяння. У архітэктурнай сферы ўжываюцца пераважна адносныя прыметнікі, паколькі называюць прыметы ў залежнасці ад матэрыялу, з якога зроблены прадмет (*маналітны, жалезны, цагляны*), ад месца знаходжання прадмета (*гарадскі, вясковы, сядзібны*), ад прызначэння прадмета (*драбільны, нясучы*) і г. д. Такія прыметнікі вытворныя паводле паходжання (як правіла, утвараюцца ад назоўнікаў ці дзеясловаў): *праектны – праект, анфіладны – анфілада, зальны – зала, апорны – апора, сядзібны – сядзіба, маналітны – маналіт, зборны – збіраць, фасадны – фасад, фундаментны – фундамент, маштабны – маштаб*. Яны спалучаюцца з назоўнікамі і ўтвараюць словазлучэнні *(праектны эскіз, анфіладная праніроўка, зальная схема, апорны элемент, сядзібны участак, маналітны фундамент, зборны каркас, фасадная цэгла, фундаментны блок, маштабны план)*. Від сувязі ў такіх словазлучэннях – дапасаванне.

Значна менш у падмове архітэктурнага праектавання ўжываюцца тэрміны дзеясловы: *канструяваць, адмываць, праектаваць, планаваць, кампанаваць, дэталізаваць*. Многія дзеясловы, што ўжываюцца ў мове архітэктараў, выкарыстоўваюцца ў іншых галінах навукі: *планаваць вытворчасць тавараў шырокага ўжытку, планаваць пабудову клуба*. Часта яны вытворныя, але і самі становяцца базай для ўтварэння новых слоў, як правіла, назоўнікаў: *праектаваць – праектаванне; канструяваць – канструяванне; планаваць – планаванне; дэталізаваць – дэталізацыя*.

Прыслоўяў у ролі слоў-тэрмінаў у падмове архітэктурнага праектавання няшмат. Яны ўжываюцца для абазначэння характару выканання будаўнічага працэсу, напрыклад: *унакладку, усутык, шчыльна* і інш. Як правіла, прыслоўі вытворныя, утвораны прыстаўчана-суфіксальным ці суфіксальным спосабам: *унакладку* ад *накладка* (прыст.-суф.), *шчыльна* ад *шчыльны* (суф.)

У падмове архітэктурнага праектавання ўтварэнне тэрмінаў, як і агульнаўжывальных слоў беларускай мовы, характарызуецца развітай сістэмай спосабаў і сродкаў. Аднак яно мае свае спецыфічныя рысы, што выражаецца ў частым ужыванні пэўных словаўтваральных мадэлей у адрозненні ад утварэння агульнаўжывальных слоў. Самы прадуктыўны спосаб тэрмінаўтварэння ў архітэктурнай навуковай мове, як і ў іншых галінах навукі, сінтаксічны – «утварэнне тэрмінаў шляхам рознага тыпу спалучэнняў» [2, с. 220].

Так, у падмове архітэктурнага праектавання шырока прадстаўлены шматкампанентныя тэрміны, выражаныя двухслоўнымі, трохслоўнымі, шматслоўнымі словазлучэннямі. Гэта тлумачыцца імкненнем дэталізаваць, канкрэтызаваць навуковае паняцце. Сярод такіх тэрмінаў вылучаюць "свабодныя і несвабодныя словазлучэнні" [2, с. 189]. У свабодных словазлучэннях кожнае слова з'яўляецца тэрмінам і можа спалучацца з іншымі словамі. Напрыклад, *блокі прасценачныя* ў архітэктуры і будаўніцтве – гэта *блокі, з якіх кладуцца прасценкі паміж вокнамі,* а слова *блок* як асобны тэрмін абазначае *штучна зроблену з бетоннай сумесі будаўнічую пліту.* У несвабодных словазлучэннях вылучаецца лексема, якая па-за межамі словазлучэння з'яўляецца агульнаўжывальным словам, напрыклад: *пята аркі, замок аркі, люстраны звод* – архітэктурныя тэрміны, а лексемы *пята, замок, люстраны* – агульнаўжывальныя словы.

У падмове архітэктурнага праектавання сустракаюцца і так званыя фразеалагічныя тэрміны *(ластаўчын хвост, залаты перасек).* Фразеалагізм – гэта «ўстойлівая, узнаўляльная, не менш як двухкампанентная моўная адзінка, якая спалучаецца са словамі свабоднага ўжывання і мае цэласнае значэнне»[3, с. 5]. У архітэктуры паняцце *ластаўчын хвост* абазначае *форму зубцоў з востраканцовым раздвойваннем верху ад сярэдзіны ў бакі.* Матываванасць выразу ўзнікла ў выніку пераасэнсавання адпаведнага свабоднага словазлучэнняня. *Залаты перасек – гэта прапорцыя, пры якой меншы з двух адрэзкаў ставіцца да большага, як большы да іх сумы.*Адносны прыметнік *залаты* ў гэтым спалучэнні набыў значэнне якаснага, паколькі мае пераноснае значэнне.

Значная частка двухслоўных тэрмінаў падмовы архітэктурнага праектавання ўтворана на аснове азначальнай сувязі паміж галоўным словам (агульным назоўнікам) і залежным словам (прыметнікам): *карынфская капітэль, карнізная пліта, архітэктурныя формы, цыліндрычны звод, прамысловыя будынкі, апорныя сцены, нясучыя сцены, трыумфальная арка* і інш., від падпарадкавальнай сувязі такіх словазлучэнняў – дапасаванне. Прыметнікі, выступаючы ў ролі азначэння, часта маюць не якасную характарыстыку, а ўдакладняльную, абмежавальную, класіфікацыйную. Для прыкладу возьмем класіфікацыю будынкаў і сцен.

Па прызначэнні будынкі бываюць: *грамадзянскія – якія прызначаюцца для пражывання і забеспячэння побытавых, грамадскіх і культурных патрабаванняў, прамысловыя – прызначаюцца для забеспячэння эксплуатацыйных рэжымаў і стварэння аптымальных умоў працоўнай дзейнасці людзей, сельскагаспадарчыя – будынкі для абслугоўвання розных галін сельскагаспадарчай вытворчасці.*

Па матэрыяле апорных сцен будынкі дзеляцца на: *каменныя – збудаваныя з каменю, драўляныя – збудаваныя з дрэва.*

Па паверхавасці: *будынкі малой паверхавасці – аднапавярховыя і двухпавярховыя будынкі, сярэдняй паверхавасці – чатырох- і пяціпавярховыя будынкі, шматпавярховыя – шасці- дзевяціпавярховыя будынкі, павышанай паверхавасці – будынкі вышынёй ад дзевяці да дваццаці пяці паверхаў, вышынныя – будынкі вышынёй звыш дваццаці пяці паверхаў.*

Па спосабе ўзвядзення: *зборныя будынкі – складаюцца з нарыхтаваных элементаў, якія выпускаюцца на заводзе, маналіт ныя будынкі – апорная канструкцыя, выкананая ў выглядзе маналіт нага жалезабетоннага каркаса.*

Па горадабудаўнічай значнасці: *будынкі масавага будаўніцтва – будынкі, якія ствараюцца па тыпавых праектах, унікальныя будынкі – ствараюцца па індывідуальных праектах.*

Разгледзім яшчэ адзін прыклад. Тэрмін *сцяна* абазначае вертыкальную канструкцыю, якая агароджвае, аддзяляе памяшканне ад навакольнай прасторы або суседняга па-

мяшкання. Пры дапасаванні адлаведнага прыметніка ўтвараецца новае тэрміналагічнае злучэнне.

Па статычнай нагрузцы: *нясучая сцяна – сцяна, якая ўспрымае нагрузку ад іншых частак будынка (перакрыццяў і дахаў) і перадае яе разам з уласнай масай фундаментам; ненясучая сцяна – сцяна, якая абапіраецца на падмурак і нясе нагрузку толькі ад уласнай масы; саманясучая сцяна – сцяна, якая не нясе ніякай нагрузкі;*

Па размяшчэнні: *вонкавая сцяна – сцяна, якая з аднаго боку размяшчаецца знадворку; унутраная сцяна – сцяна, якая размяшчаецца з абодвух бакоў у памяшканні.*

Нярэдка ў тэрміналагічных словазлучэннях падмовы сустракаюцца спалучэнні апорнага слова з залежным назоўнікам, напрыклад: *узвышэнне зводу, спалучэнне кладкі, раднасць кладкі, абапіранне бэлек, канструкцыя сцен, панэлі перакрыццяў* і інш. У адзначаных выпадках назіраем аб'ектныя адносіны ў словазлучэннях, від падпарадкавальнай сувязі – кіраванне.

У падмове архітэктурнага праектавання ў якасці кампанента словазлучэнняў-тэрмінаў з апорным агульным назоўнікам могуць выступаць уласныя назоўнікі. Як правіла, гэта прозвішчы даследчыкаў, адкрывальнікаў ці вучоных. У архітэктуры *дэкарацыя Серліа* – дэкарацыі, названы ў гонар італьянскага архітэктара, тэарэтыка архітэктуры.

У архітэктурнай тэрміналогіі ў складзе словазлучэнняў – тэрмінаў могуць ўжывацца прыметнікі, утвораныя ад уласных назоўнікаў, якія з'яўляюцца геаграфічнымі назвамі, напрыклад: *дарыйскі ордар (назва пайшла ад плямён старажытнай Грэцыі – дарыйцаў), маўрытанская арка (стыль з'явіўся ў Маўрытаніі), фларэнтыйская мазайка (створана скульптарамі Фларэнцыі).*

У архітэктурных полікампанентных тэрмінах можна сустрэць спалучэнне галоўнага кампанента (назоўніка) і залежнага, выражанага назоўнікам з прыназоўнікам: *гідраізаляцыя пад склепам, аркі на слупах ці калонах, патрабаванні да матэрыялу, сумяшчэнне з пакрыццём, эскізаванне на падаснове, дэталізаванне на плане,* від падпарадкавальнай сувязі – кіраванне.

Для больш дэталёвага азначэння архітэктурнага паняцця ўзнікае неабходнасць шматслоўных тэрміналагічных словазлучэнняў, напрыклад: *стандартызацыя элементаў будынка, унутраная прастора пабудовы, неразрэзнасць маналітнай канструкцыі перакрыцця, традыцыйная канструкцыя будынка з няпоўным драўляным каркасам, ступень уздзеяння навакольнага асяроддзя на канструкцыю, сістэма бэлечных распорных мацаванняў, прылада драўляных паркетных падлог па грунце.*

Структура тэрмінаў-словазлучэнняў розная, колькасць кампанентаў – ад двух і болей. Але падабенства аднаслоўных і шматкампанентных тэрмінаў відавочная: яны абазначаюць цэласнае паняцце. Даволі часта складаныя тэрміналагічныя словазлучэнні атрымліваюць больш кампактны выгляд «пад уплывам тэндэнцыі эканоміі моўных сродкаў» [1, С. 68]. Напрыклад, *пластычная маса – пластмаса; праектаванне канструкцый з улікам палажэнняў тэорыі пластычнасці – «пластычны разлік»; каменная кладка рустовачнага тыпу – рустоўка; аддзелка тынкавальнай паверхні цёркай ці гладзілкай – зацірка.* Але не заўсёды на практыцы можна скараціць тэрміналагічнае словазлучэнне без страты зместу тэрміна. Кароткія тэрміны больш зручныя ва ўжыванні спецыялістаў, аднак не заўсёды перадаюць дакладны змест паняцця. Англа-рускі слоўнік па будаўніцтве і архітэктуры падае пераклад аднаслоўных тэрмінаў з англійскай мовы, якія ў перакладзе на рускую прадстаўлены шматслоўным тэрмінам (у беларускай мове англамоўныя словы-тэрміны маюць таксама шматкампанентны варыянт): **reshoring** – *мацаванне маналітных жалезабетонных канструкцый пасля іх распалублівання і да*

набору бетонам неабходнай трываласці [4, с. 264], **boss** – *арнаментальная разетка ў цэнтры звода ці купала* [4, с. 59], **overcloak** – *верхні ліст металічнга ці рулоннага даху, злучаны унахлёст на кровельным бруску з ніжнім лістом* [4, с. 227], **wainscot** – *драўляная абліцовачная панэль сцяны* [4, с. 357].

Такім чынам, тэрміналагічная лексіка архітэктурнага праектавання прадстаўлена самастойнымі часцінамі мовы (як правіла, вытворнымі): назоўнікамі, прыметнікамі, дзеясловамі і прыслоўямі. Асаблівасцю сучаснай навуковай тэрміналогіі з'яўляецца тое, што ў яе склад уваходзяць шматкампанентныя тэрміны, якія дазваляюць дэталізаваць, канкрэтызаваць выражанае паняцце. Аднак пры наяўнасці аднаслоўнага і шматкампанентнага тэрмінаў спецыялісты аддаюць перавагу простым тэрмінам. Тым не менш «агульнапрызнаным фактам з'яўляецца тое, што колькасць тэрмінаў словазлучэнняў у кожнай галіновай сістэме нязменна ўзрастае» [1, с. 71], таму аналіз такіх складаных тэрмінаў, як і аднаслоўных, дазваляе выявіць асаблівасці функцыянавання і ўтварэння беларускай тэрміналагічнай лексікі.

Спісак цітаваных крыніц

1. Антанюк, Л.А. Беларуская навуковая тэрміналогія: фарміраванне, структура, упарадкаванне, канструяванне, функцыяніраванне / Л.А. Антанюк – Мінск: Навука і тэхніка,1987. – 238 с.

2. Лексікалогія сучаснай беларускай літаратурнай мовы / Пад рэд. А. Я. Баханькова. – Мн.: Навука і тэхніка, 1994. – 463 с.

3. Лепешаў, І.Я. Фразеалогія сучаснай беларускай мовы: вучэбны дапаможнік для філал. фак. ВНУ. – Мн.: Выш. шк., 1998. – 271 с.

4. Стецкий, С.В. Англо-русский словарь по строительству и архитектуре / Стецкий С. В. – М.: Архитектура-С, 2005. – 400 с.

УДК 681.84/.89:534.647

Дереченник С.С.

Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор Рычков Ю.М.

ВИБРОДИАГНОСТИКА ЭЛЕМЕНТОВ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИГНАЛА «БЕЛОГО ШУМА»

Немаловажным фактором поддержания безопасного технического состояния зданий и сооружений является своевременное обнаружение дефектов строительных конструкций. В основе текущего технического контроля конструкций лежит периодическое проведение обследований напряженно-деформированного состояния элементов несущих конструкций.

Разработка эффективных аппаратурных методов диагностики состояния строительных конструкций является одной из первоочередных задач обеспечения надежности эксплуатируемых зданий и сооружений. Так, российскими стандартами ГОСТ Р 22.1.12-2005, ГОСТ Р 53778-2010 регламентируется не только использование переносных приборов неразрушающего контроля, но и создание стационарных автоматизированных систем мониторинга. Более того, применение таких систем является обязательным для наиболее ответственных и уникальных возводимых объектов: гидротехнических сооружений, стартовых сооружений наземных космических комплексов, большепролетных перекрытий и т.п. [1].

Применительно к структурной системе «БрГТУ», на основе которой создан ряд уникальных большепролетных сооружений, в том числе Летний амфитеатр в г. Витебске, эффективным неразрушающим методом контроля состояния стержневых (трубчатых) элементов является вибродиагностика – измерение собственных частот поперечных ко-

лебаний элемента, зависящих от внутреннего осевого сжимающего либо растягивающего усилия. На частотной характеристике исследуемого элемента (стержня) наблюдаются резонансы, соответствующие его собственным частотам, при этом частота первой гармоники собственных колебаний практически линейно зависит от сжимающего / растягивающего усилия, приложенного к стержню. По содержанию решаемая задача относится к классу задач идентификации объектов и заключается в оценке параметров объекта (в данном случае – первой собственной частоты колебаний) при имеющихся измерениях процесса на ее входе и выходе [2].

В основе функционирования систем диагностики и мониторинга лежит измерительный эксперимент, позволяющий выполнить идентификацию исследуемого объекта. По характеру проведения эксперимента различают методы активной и пассивной идентификации. В первом случае используются специально выбранные тестовые сигналы, а во втором – сигналы, возникающие в процессе нормальной эксплуатации системы. Для получения информации о динамике системы используют гармонические, периодические, скачкообразные, импульсные и случайные входные возмущения [3].

Современные средства анализа регистрируемых колебаний (виброграмм) основаны на аналого-цифровом преобразовании и цифровой обработке сигналов, получаемых с датчика вибраций. В частности, для получения дискретного спектра сигнала применяется дискретное преобразование Фурье. Погрешность измерения резонансной частоты (а следовательно, и усилия в стержне) зависит от параметров зарегистрированных виброграмм, основными из которых являются: шаг дискретизации регистрируемых колебаний по времени и длина (временной интервал) записи колебаний. Шаг дискретизации τ, согласно теореме Котельникова, увязывается с частотным диапазоном (шириной спектра F), в котором изучается характеристика объекта, условием $\tau \le 1/(2F)$. Зависимостью $1/T = \Delta f$ однозначно связаны временной интервал наблюдения T и достигаемое разрешение Δf спектрального анализа, выполняемого методом периодограмм [4].

Ранее нами исследованы режимы цифрового спектрального анализа применительно к рассматриваемой задаче в условиях импульсного (ударного) возбуждения поперечных колебаний стержня [5]. Установлено, что вибрации в структурных элементах лежат преимущественно в диапазоне частот до 70 Гц и характеризуются высоким затуханием, что существенно ограничивает использование импульсного возбуждения для инициации собственных колебаний стержня. Так, виброграмму длительности примерно 10 с удается получить в результате сравнительно мощного ударного воздействия с начальным виброускорением до 60g. При этом обнаружено, что при мощном воздействии возбуждаются колебания не только в анализируемом стержне, но также и в других, конструктивно с ним связанных стержнях. Наложение нескольких собственных колебаний, включая низкочастотные колебания фрагментов конструкции из многих стержней, сильно искажают начальный участок виброграммы. В результате для корректного спектрального анализа пригоден только ее второй участок продолжительностью не более 5 с, что соответствует разрешающей способности спектрального анализа на уровне 0,2 Гц.

Использование гармонических сигналов позволяет сравнительно простым образом достичь высокой частотной избирательности анализа, однако, ввиду длительности процесса идентификации, не очень удобно для автономных систем мониторинга сложных конструкций с большим количеством исследуемых элементов (многоточечных систем).

Весьма эффективна идентификация с использованием широкополосных (случайных или псевдослучайных) сигналов, т.к. в этом случае достаточно одного измерения. Естественные внешние воздействия (микросейсмические, пульсирующие ветровые нагрузки

и т.п.) также обладают свойствами случайности. Однако они малоэффективны для рассматриваемой задачи, поскольку вызывают вибрации всей стержневой конструкции, что влечет искажение (наложение) колебаний в конкретном анализируемом стержне (аналогично случаю сильного ударного воздействия). Таким образом, подходящим для использования в качестве тестового сигнала представляется искусственный «белый» (или «розовый») шум в акустической полосе частот. Данное воздействие должно быть локальным, т.е. подаваться непосредственно на исследуемый элемент и иметь ограниченную мощность, чтобы не вызывать колебаний смежных элементов конструкции.

Предлагаемая модель идентификации с использованием сигнала «белого шума» основана на представлении исследуемого динамического объекта (диагностируемого стержня конструкции) как одномерной линейной системы с передаточной функцией $W(p)$. На вход системы подадим сигнал $x(t)=n(t)$, где $n(t)$ – белый (гауссов) шум. Измерим прошедший через линейную систему сигнал $y(t)=W(p)\cdot x(t)$ и найдем его периодограмму на конечном интервале: $\hat{S}_y(\omega)=T^{-1}\cdot\int_0^T y(t)\exp(j\omega t)dt$. Периодограмма является оценкой спектральной плотности $\lim\limits_{T\to\infty}\hat{S}_y(\omega)=S_y(\omega)$, которая при стационарном входном сигнале определена как $S_y(\omega)=|W(j\omega)|^2\cdot S_x(\omega)$. Учитывая, что спектральная плотность белого шума представляет собой равномерное распределение энергии по всему спектру частот ($S_n(\omega)=const$), найденная методом периодограмм оценка спектра с точностью до множителя приближает идентифицирую амплитудную характеристику (точнее, ее квадрат): $\hat{S}_y(\omega)\sim|W(j\omega)|^2$.

При практическом применении данной модели следует учитывать не только ограниченность интервала наблюдения $[0,T]$, но также и ограниченность исследуемой полосы частот $[F_{\min},F_{\max}]$, которая, в свою очередь, может быть отнесена и к условию $S_n(\omega)=const$. Последнее обстоятельство предоставляет реальную возможность практической реализации шумового (акустического) излучателя. Изготовленный макет излучателя включал следующие основные блоки: электрический генератор шума на базе шумового диода ND 101L, усилитель сигнала, фильтр нижних частот с частотой среза 100 Гц, пьезоэлектрический излучатель, автономный источник питания (12 В). Практическая апробация излучателя применительно к вибродиагностике стержневых (трубчатых) элементов большепролетных конструкций подтвердила эффективность и существенно более высокую разрешающую способность методики идентификации с использованием сигнала «белого шума».

Список цитированных источников

1. Исхаков, Ш.Ш. Оценка надежности эксплуатации зданий и сооружений по методикам возникновения риска их неработоспособных состояний / Ш.Ш. Исхаков [и др.] // Инженерно-строительный журнал. – 2012. – № 7. – С. 76–88.

2. Мигель, А.В. Строительный мониторинг большепролетного сооружения летнего амфитеатра в г. Витебске / А.В. Мигель, В.И. Драган // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2009. – № 1 (55): Строительство и архитектура. – С. 54–58.

3. Льюнг, Л. Идентификация систем. Теория для пользователя / Л.Льюнг. – М.: Наука, 1991. – 432 с.

4. Гольденберг, Л.М. Цифровая обработка сигналов: справочник / Л.М.Гольденберг, Б.Д.Матюшкин, М.Н. Поляк. – М.: Радио и связь, 1985. – 256 с.

5. Стойко, В.С. Режимы цифрового спектрального анализа для вибромониторинга трубчатых элементов большепролетных сооружений / В.С. Стойко, С.С. Дереченник - мл. // Современные проблемы математики и вычислительной техники: матер. VII Республ. науч. конф. молодых ученых и студентов, Брест, 24–26 ноября 2011 г. – Брест, 2009. – Ч.I. – С. 72–76.

УДК 624.138.03
Друшиц Д.В.
Научные руководители: доцент Пчелин В.Н., к.т.н., доцент Юськович В.И.

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ГЛУБИННОГО УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА РАБОЧИМ ОРГАНОМ С ЛОПАСТЯМИ

С учетом развития рыночной экономики в республике правительство особый упор делает на разработку ресурсосберегающих конструкций и технологий, к которым в значительной степени относятся устройства и способы уплотнения грунтов основания, отсыпанных насыпей, пазух котлованов и траншей и т.д.

Для уплотнения грунтов отсыпанных насыпей различного назначения, пазух котлованов и траншей наиболее широко применяется поверхностное уплотнение послойной укаткой, при этом толщина уплотняемого слоя обычно не превышает 1 м.

В случае необходимости уплотнения слабых грунтов основания на глубину, значительно превышающую 1 м, в практике строительства используется механическое глубинное уплотнение, которое реализуется посредством виброуплотнителей, спиралевидных снарядов, пневмопробойников, а также устройствами с винтовыми лопастями.

Наиболее эффективным для глубинного уплотнения грунтов основания являются разработанное в УО БрГТУ устройство с винтовой лопастью [1], обеспечивающее увеличение в 2...3 раза размеров в плане зоны уплотняемого грунта по сравнению с применением спиралевидного снаряда.

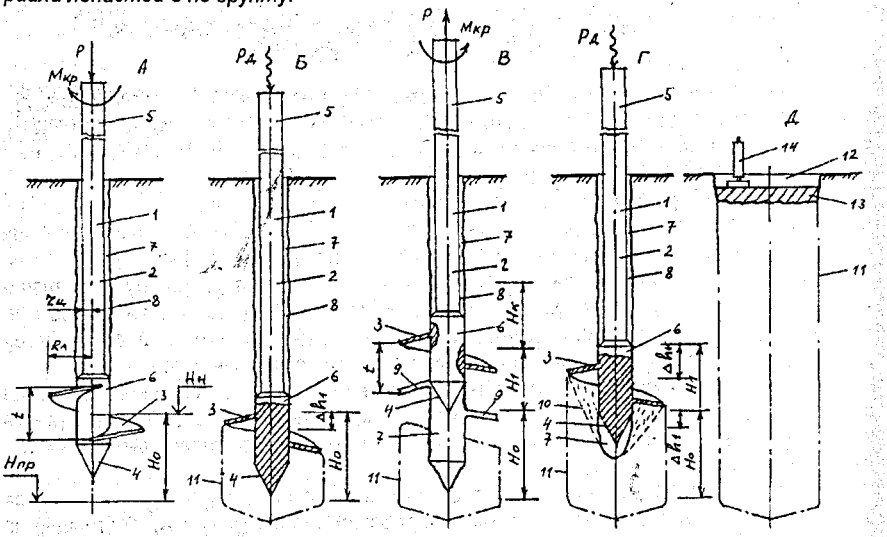
Глубинное уплотнение грунта устройством с винтовой лопастью (рис. 1) производится в следующем порядке. В грунт завинчивается рабочий орган 1 (рис. 1 А), состоящий из цилиндрического корпуса 2 с винтовой лопастью 3 и наконечником 4, при этом происходит первоначальное уплотнение грунта с образованием в нем винтовой полости 9 и скважины 7. Завинчивание рабочего органа 1 выполняется на отметку, превышающую отметку низа планируемой зоны уплотнения грунта на 1...1,5 м (рис.1 Б). Для окончательного (основного) уплотнения грунта производится вывинчивание рабочего органа 1 ступенями (рис. 1 В), вначале каждой из которых выполняется его осаживание посредством динамической (ударной или вибрационной) нагрузки (рис. 1 Г). В процессе осаживания грунт сдвигается по плоскости 10 и, уплотняясь, заполняет винтовую полость 9 и скважину 7, что приводит к образованию уплотненной зоны грунта 11 (рис. 1 Г). Вывинчивание рабочего органа 1 с осаживанием производят до его выхода на дневную поверхность, при этом в грунте образуется выемка 12, которая на заключительном этапе засыпается грунтом 13 с его уплотнением трамбовками 14 (рис. 1 Д).

Степень уплотнения грунта регулируется высотой ступени вывинчивания, величиной и характером динамической нагрузки, объемом винтовой полости и диаметром корпуса 2.

Таким образом, основное уплотнение грунта осуществляется при вывинчивании с периодическим осаживанием рабочего органа с винтовой лопастью. Однако необходимость первоначального завинчивания рабочего органа с винтовой лопастью на расчетную отметку определяет повышенные энергозатраты на преодоление сил трения лопасти о грунт.

Для снижения энергозатрат на преодоление сил трения лопастей о грунт при погружении устройства на расчетную отметку предлагается лопасти выполнить из диаметрально расположенных вертикальных поворотных пластин 4 (рис. 2), насаженных выше их центра тяжести на смещенные по высоте трубчатого корпуса 1 и диаметрально пропущенные через стенки корпуса 1 горизонтальные оси 5, выполненные в пределах полости корпуса 1 в виде колена 6, взаимодействующего со стен-

ками трубчатого корпуса 1 и обеспечивающего поворот осей 5 на угол α, принимаемый из неравенства $90^{\circ} \succ \alpha \succ 90^{\circ} - arctg(f)$, *где* f *– коэффициент трения материала лопастей 3 по грунту.*



а) завинчивание рабочего органа на расчетную отметку; б) уплотнение грунта на первой ступени; в) вывинчивание рабочего органа на второй ступени; г) уплотнение грунта на второй ступени; д) засыпка с уплотнением грунта в выемку на заключительном этапе; 1 – рабочий орган; 2 – цилиндрический корпус; 3 – винтовая лопасть; 4 – конический наконечник; 5 – верхняя часть корпуса; 6 – нижняя часть корпуса; 7 – скважина; 8 – пазухи; 9 – винтовая полость; 10 – плоскость сдвига; 11 – уплотненная зона грунта; 12 – выемка; 13 – малосжимаемый грунт; 14 – трамбовка

Рисунок 1 – Последовательность операций глубинного уплотнения грунта устройством с винтовой лопастью по патенту РБ №3940 [10]

В крайнем левом положении колена 6 (рис. 2 а,г) лопасти 3 занимают вертикальное положение, а в крайнем правом (рис. 2 б,д) – наклонное положение. Поворот лопастей на угол α обеспечивается путем подбора высоты колена 6.

Для обеспечения вертикального положения лопастей 3 устройство снабжено фиксатором в виде установленного враспор с каждым из колен 6 осей 5 и стенками корпуса 1 штока 7 (*рис. 2 а,г,е*). Для предотвращения проскальзывания штока 7 вниз он оборудован упором 8.

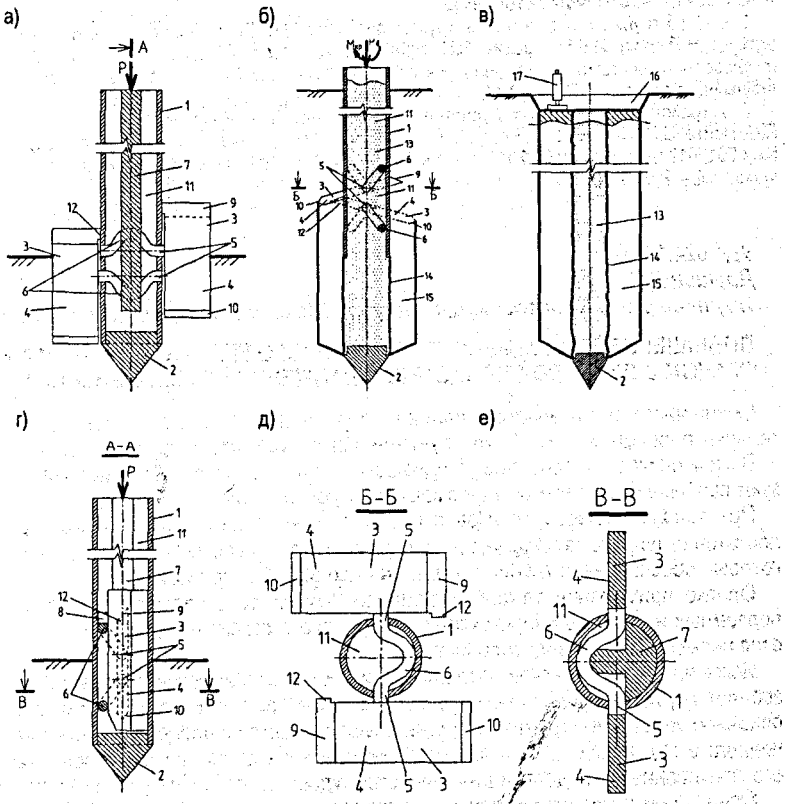
Уплотнение грунта разработанным устройством реализуется следующим образом.

Перед погружением устройства в грунт лопасти 3 устанавливают в вертикальное положение и фиксируют в нем посредством заведения в полость 11 трубчатого корпуса 1 штока 7 враспор с каждым из колен 6 осей 5 и стенками корпуса 1.

Далее производится погружение устройства в грунт забивкой, вдавливанием или вибропогружением на расчетную отметку, превышающую проектную отметку на высоту уплотняемого слоя грунта (рис.2 а), при этом лопасти 3, благодаря установленному штоку 7, находятся в вертикальном положении, обеспечивая минимальные энергозатраты на погружение, чему способствует также выполнение нижних кромок 10 лопастей 3 заостренными.

Затем извлекают шток 7 и производят поворот трубчатого корпуса 1 по часовой стрелке, при этом пластины 4, за счет насаживания пластин 4 выше их центра тяжести на оси 5 и выполнения верхних кромок 9 пластин скошенными, поворачиваются на угол α до упора колна 6 в стенку трубчатого корпуса 1.

После поворота пластин 4 в наклонное положение производят вывинчивание устройства ступенями с вращением по часовой стрелке (*рис. 2 б*) с параллельным заполнением малосжимаемым грунтом 13, образующимся при вывинчивании скважины 14 посредством засыпки грунта 13 в полость 11 трубчатого корпуса 1, при этом конический теряемый башмак 2 остается в грунте.



а) устройство в процессе его погружения на расчетную отметку, разрез; б) то же, в момент вывинчивания устройства с уплотнением грунта осаживанием; в) подсыпка с уплотнением малосжимаемого грунта в образовавшуюся в грунте в результате его уплотнения устройством выемку; г) разрез «А-А»; д) разрез «Б-Б»; е) разрез «В-В»; 1 – трубчатый корпус; 2 – конический теряемый башмак; 3 – лопасть; 4 – вертикальные поворотные пластины; 5 – горизонтальные оси; 6 – колено; 7 – фиксатор в виде штока; 8 – упор; 9 – верхние кромки; 10 – нижние кромки; 11 – полость корпуса; 12 – выступы; 13 – малосжимаемый грунт; 14 – скважина; 15 – зона уплотняемого грунта; 16 – выемка; 17 – трамбовка

Рисунок 2 – Устройство для глубинного уплотнения грунта с пониженными энергозатратами при завинчивании в грунт по патенту РБ №8542

Вначале каждой из ступеней к оголовку трубчатого корпуса 1 прикладывают направленную вниз осевую нагрузку $P_д$ (динамическую ударную или вибрационную), обеспечивающую уплотнение грунта.

На заключительном этапе, после полного вывинчивания устройства, в образовавшуюся в грунте в результате его уплотнения выемку 16 подсыпается слоями малосжимаемый грунт 13 с его уплотнением трамбовками 17 (фиг. 2 в).

Благодаря замене винтовой лопасти 3 рабочего органа 1 на поворотные пластины 4, в 1,5-2 раза снижаются энергозатраты на погружение рабочего органа на проектную отметку, так как лопасти 3 при погружении в грунт перемещаются не по винтовой линии.

Список цитированных источников

1. Способ глубинного уплотнения грунта: патент №3940 Респ. Беларусь, МКИ E 02D 3/00, 3/046, 5/56. / В.Н.Пчелин, И.В.Губаревич, В.Н.Черноиван, А.В.Щербач; Учреждение образования "Брестский государственный технический университет" (BY). – Заявл.14.04.98; Опубл. 30.06.01; Бюл.№2 // Афіцыйны бюлетень. – 2001. – № 2. – С. 134.

2. Устройство для глубинного уплотнения грунта: пат. 8542 Респ. Бел., МПК7 E 02 D 3/00, 3/046. / П.С. Пойта, В.Н. Пчелин, В.П. Чернюк, Т.В. Пчелина, Д.В. Друшиц; заявитель Брест. госуд. техн. ун-т. – № u20120178; заявл. 20.02.2012; опубл. 30.08.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 4. – С. 212.

УДК 624.138.03

Друшиц Д.В.

Научные руководители: к.т.н., доцент Юськович В.И., доцент Пчелин В.Н.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЛУБИННОГО УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА РАБОЧИМ ОРГАНОМ С ВИНТОВОЙ ЛОПАСТЬЮ, СНАБЖЕННОЙ ОТБОЙНЫМИ ПЛАСТИНАМИ

Очень часто строительство зданий и сооружений приходится осуществлять на строительных площадках со слабыми грунтами оснований значительной толщины.

В этом случае возникает необходимость в уплотнении грунтов основания или используют свайные фундаменты, удорожающие строительство.

При толщине слабых грунтов основания более 1...1,5 м в практике строительства достаточно широко используются сбрасываемые с высоты 5–6 м трамбующие плиты, которые обеспечивают глубину уплотнения до 5,5...6 м при их массе 10 т (см [1], с. 103).

Однако применение тяжелых трамбовочных средств сопряжено с опасностью для подземных и наземных конструкций, затруднено в стесненных условиях и характеризуется невысокой производительностью.

Исключить динамическое воздействие и обеспечить высокую производительность позволяет глубинное уплотнение грунта рабочими органами с винтовыми лопастями [2], основное уплотнение грунта которыми осуществляется в процессе вывинчивания завинченного в грунт рабочего органа ступенями, в начале каждой из которых выполняется его осаживание посредством динамической (ударной или вибрационной) нагрузки.

Однако при этом размер зоны уплотнения грунта не превышает диаметра винтовой лопасти, чему способствует также прикрепление винтовой лопасти под острым углом в сторону наконечника.

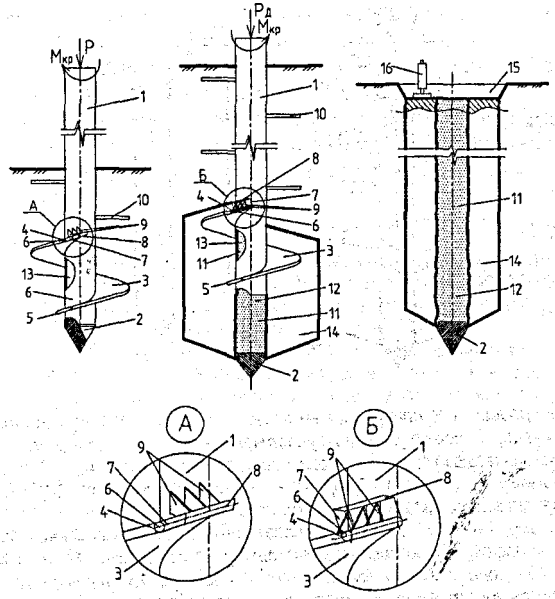
Для увеличения диаметра уплотняемой зоны грунта винтовую лопасть можно прикрепить под острым углом α к образующим корпуса в сторону его оголовка, принимаемым из соотношения $\alpha \prec 90 - arctg(f)$, где f – коэффициент трения материала лопасти по грунту [3, 4]. При периодическом осаживании рабочего органа в процессе его вывинчивания происходит скольжение уплотняемого грунта по наклонной поверхности винтовой лопасти (раздвижка лопастью) в радиальном направлении от оси к периферии, т.е.

обеспечивается образование зоны уплотнения диаметром, на 15...20% превышающим диаметр лопасти.

Однако полученное увеличение диаметра зоны уплотняемого грунта характеризуется значительными энергозатратами на преодоление сил трения лопасти о грунт, так как грунт, перемещаясь в радиальном направлении, взаимодействует со всей нижней поверхностью лопасти и требует приложения к корпусу при осаживании устройства значительных усилий, которые определяют необходимость увеличения поперечного сечения винтовой лопасти.

Для устранения указанных недостатков разработаны устройства, у которых винтовая лопасть оборудуется отбойными пластинами, обеспечивающими перемещение грунта при его уплотнении в радиальном направлении (рис. 1, 2).

В конструкции по патенту РБ № 8611 [5] верхняя кромка винтовой лопасти оборудуется шарнирно прикрепленной отбойной пластиной и выполнена в плане по отношению к радиальной плоскости, проходящей через основание верхней кромки винтовой лопасти, под острым углом β, принимаемым из соотношения $\beta \succ arctg(f)$, где f – коэффициент трения материала пластины по грунту, причем отбойная пластина выполнена с обращенным вниз односторонним скосом и снабжена плоскими упорами, обеспечивающими поворот пластины при вывинчивании устройства на 90° (рис. 1).



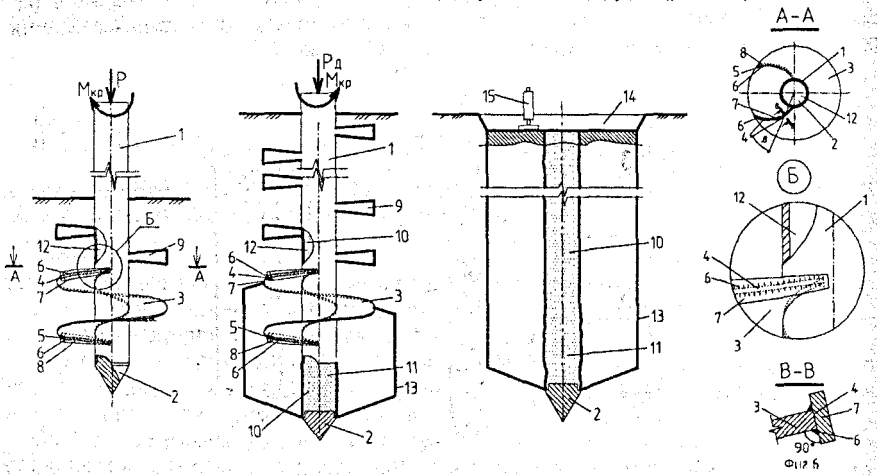
а) устройство в процессе его погружения на расчетную отметку, разрез; б) то же, в момент вывинчивания устройства ступенями с уплотнением грунта осаживанием; г) подсыпка с уплотнением малосжимаемого грунта в образовавшуюся в грунте в результате его уплотнения устройством выемку; 1 – трубчатый корпус; 2 – конический теряемый башмак; 3 – винтовая лопасть; 4 – верхняя кромка винтовой лопасти; 5 – нижняя кромка винтовой лопасти; 6 – шарнир; 7 – пластина; 8 – односторонний скос; 9 – плоские упоры; 10 – винтовая полость; 11 – малосжимаемый грунт; 12 – скважина; 13 – полость корпуса; 14 – зона уплотняемого грунта; 15 – выемка; 16 – трамбовка

Рисунок 1 – Глубинное уплотнение грунтов основания винтовым рабочим органом с отбойной, шарнирно прикрепленной к лопасти пластиной по патенту РБ № 8611 [5]

После погружения на расчетную отметку (рис. 1 а) производят вывинчивание устройства ступенями крутящим моментом $\mathbf{M_{кр}}$ с вращением против часовой стрелки (рис. 1 б) с параллельным заполнением малосжимаемым грунтом, образующимся при вывинчивании скважины, при этом конический теряемый башмак остается в грунте.

При вывинчивании устройства отбойная пластина, за счет взаимодействия с грунтом одностороннего скоса, поворачивается относительно шарнира на 90° до упора плоских упоров в винтовую лопасть 3. При дальнейшем вывинчивании взаимодействующий с отбойной пластиной грунт, благодаря выполнению верхней кромки винтовой лопасти в плане по отношению к радиальной плоскости, проходящей через основание верхней кромки винтовой лопасти, под острым углом, перемещается с уплотнением в радиальном направлении за пределы винтовой лопасти 3, при этом существенно увеличивается диаметр уплотняемой зоны грунта.

Параллельно с вывинчиванием к оголовку корпуса периодически прикладывают направленную вниз осевую нагрузку $\mathbf{P_д}$ (динамическую ударную или вибрационную), обеспечивающую ликвидацию образующейся в грунте после вывинчивания винтовой лопасти устройства винтовой полости и дополнительное уплотнение грунта (рис. 1 б).



а) устройство в процессе его погружения на расчетную отметку, разрез; б) то же, в момент вывинчивания устройства ступенями с уплотнением грунта осаживанием; г) подсыпка с уплотнением малосжимаемого грунта в образовавшуюся в грунте в результате его уплотнения устройством выемку; 1 – трубчатый корпус; 2 – конический теряемый башмак; 3 – винтовая лопасть; 4 – хвостовая кромка винтовой лопасти; 5 – заходная кромка винтовой лопасти; 6 – электросварной шов; 7 – основная отбойная пластина; 8 – дополнительная отбойная пластина; 9 – винтовая полость; 10 – малосжимаемый грунт; 11 – скважина; 12 – полость корпуса; 13 – зона уплотняемого грунта; 14 – выемка; 15 – трамбовка

Рисунок 2 – Глубинное уплотнение грунтов основания винтовым рабочим органом с основной и дополнительной отбойными пластинами, жестко прикрепленными к выполненным в плане по параболе хвостовой и заходной кромкам винтовой лопасти, соответственно

На заключительном этапе, после полного вывинчивания устройства, в образовавшуюся в грунте в результате его уплотнения выемку подсыпается слоями малосжимаемый грунт с уплотнением его трамбовками (рис. 1 в).

Для обеспечения радиального перемещения уплотняемого грунта, как при завинчивании, так и при вывинчивании рабочего органа, и повышения надежности устройства за-

ходная кромка винтовой лопасти снабжается дополнительной отбойной пластиной, причем основная и дополнительная отбойные пластины жестко прикреплены к хвостовой и заходной кромкам, соответственно, под углом 90° к плоскости винтовой лопасти (рис. 2).

Для повышения эффективности радиального перемещения основная и дополнительная отбойные пластины выполнены с увеличивающейся в направлении от трубчатого корпуса к боковой кромке винтовой лопасти шириной, причем заходная и хвостовая кромки винтовой лопасти выполнены в плане по параболе, а угол, образованный между касательной к параболе и секущей в точке касания радиальной плоскости, не превышает угла трения материала основной и дополнительной отбойных пластин о грунт и увеличивается в направлении от трубчатого корпуса к боковой кромке винтовой лопасти (рис. 2).

Выполнение заходной и хвостовой кромок винтовой лопасти в плане по параболе позволяет снизить общее сопротивление перемещению грунта вдоль отбойных пластин, так как сопротивление перемещению грунта на каждом из участков отбойных пластин по мере удаления в радиальном направлении от корпуса уменьшается за счет увеличения угла β, образованного между касательной к параболе и секущей в точке касания радиальной плоскости. Изготовление основной и дополнительной отбойных пластин с увеличивающейся в направлении от трубчатого корпуса к боковой кромке винтовой лопасти шириной позволяет уменьшить дополнительные энергозатраты на радиальное перемещение грунта из ранее уплотненной трубчатым корпусом зоны.

Применение отбойных пластин позволяет снизить, по сравнению с устройством по патенту РБ № 7828, на 15-20% энергозатраты на уплотнение грунта вследствие снижения энергозатрат на преодоление сил трения при радиальном перемещении грунта за пределы лопасти, так как при этом с грунтом взаимодействует шарнирно прикрепленная к верхней кромке отбойная пластина, площадь которой значительно меньше площади винтовой лопасти.

Список цитированных источников

1. Неклюдов, М.К. Механизация уплотнения грунтов. – М.: Стройиздат, 1985. – 168 с.

2. Способ глубинного уплотнения грунта: патент №3940 Респ. Беларусь, МКИ E 02D 3/00, 3/046, 5/56 / В.Н. Пчелин, И.В. Губаревич, В.Н. Черноиван, А.В. Щербач; УО "БрГТУ" (BY). – Заявл. 14.04.98; опубл.30.06.01; Бюл.№2 // Афіцыйны бюлетень. – 2001. – № 2. – с. 134.

3. Повышение эффективности глубинного уплотнения грунта рабочим органом с винтовой лопастью / В.Н. Пчелин, В.И. Юськович, Д.В. Друшиц // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров: сб. тр. XVIII Междунар. науч.-метод. семинара: в 2-х т., Новополоцк, 28-29 ноября 2012 г. – Новополоцк: ПГУ, 2012. – Т. II. – С. 255-259.

4. Устройство для глубинного уплотнения грунта: патент №7828 Респ. Беларусь, МКИ E 02D 3/00, 3/046, 5/56 / В.Н. Пчелин, П.С. Пойта, С.Г. Нагурный, Д.В. Друшиц; УО "БрГТУ" (BY). – Заявл. 22.04.11; опубл.30.12.11; Бюл. №6 // Афіцыйны бюлетень. – 2011. – № 6. – С. 238.

5. Устройство для глубинного уплотнения грунта: пат. 8611 Респ. Бел., МПК7 E 02 D 3/00 / В.Н. Пчелин, П.С. Пойта, С.Г. Нагурный, Т.В. Пчелина, Д.В. Друшиц; заявитель БрГТУ. – № u20120248; заявл. 07.03.2012; опубл. 30.10.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 5. – С. 214.

УДК 624.155

Дюрдь В.В.
Научный руководитель: доцент Чернюк В.П.

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО УГЛА ЗАОСТРЕНИЯ СВАИ ПРИ ПОГРУЖЕНИИ В ГРУНТ

Важное значение в системе капитального строительства придается свайному фундаментостроению. Немаловажную роль в этом направлении играет энергоемкость погружения свай и несущая способность свайных фундаментов. Одним из многих путей повы-

шения эффективности и снижения энергоемкости погружения свай является установление оптимальной формы и рационального угла заострения свай при их забивке в грунт.

Обзор экспериментальных и теоретических исследований зависимости усилия погружения сваи от формы заострения наконечника, профиля или вертикального элемента [1, 2] показывает, что задача сводится в основном к определению угла заострения симметричного клина, конуса, ножа или пирамиды, при котором сопротивление будет минимальным.

Определим оптимальную форму и угол заострения наконечника и режущих профилей из условия минимальной энергоемкости погружения сваи в грунт, а также для образования опережающих трещин разрыва грунта (трещинообразования), при условии отсутствия уплотненных ядер грунта, впереди сваи.

При погружении вертикальной сваи в грунтовой массив процесс заглубления наконечника происходит неравномерно, со скоростями, меняющимися от нуля до максимального значения. При таком характере погружения энергия расходуется на преодоление лобового сопротивления грунта разрушению, касательных сил сцепления грунта с наконечником, сопротивления трению, являющегося результатом взаимодействия заостренной части наконечника сваи с грунтом (рис. 1, а). Установим, при какой форме и угле заострения общее сопротивление погружению будет минимальным, для чего выделим на глубине, большей критической, элементарный участок на заостренной части наконечника, посредством которой впереди расположенный грунт сминается, вытесняется и уплотняется в стенки прорези. В результате преодоления сопротивления грунта вытеснению, касательных сил сцепления грунта с наконечником и сопротивления трению на элементарный участок действует полное напряжение σ, которое отклонено от нормали к плоскости на угол γ, причем γ = μ + β, где μ – угол трения наконечника сваи о грунт; β – угол отклонения напряжения σ от влияния касательных сил сцепления наконечника сваи с грунтом.

Полное напряжение σ может быть разложено на касательную $\tau + \sigma_n tg\mu$ и нормальную σ_n составляющие или на составляющие σ_x и σ_y, параллельные координатным осям x и y (см. рис. 1, а).

Из условия статического равновесия ($\Sigma S_x = 0$) приложенных к выделенной части наконечника сваи сил будем иметь:

$$dP = \sigma_n \sin\alpha\, dS + \sigma_n tg\mu \cos\alpha\, dS + \tau \cos\alpha\, dS = (\sigma_n tg\alpha + \sigma_n tg\mu + \tau)\cos\alpha\, dS = [tg\alpha + tg(\mu + \beta)\,\sigma_n \cos\alpha\, dS = (tg\alpha + tg\gamma)\sigma_n \cos\alpha\, dS, \quad (1)$$

где dP – элементарное приращение усилия погружения сваи, приходящееся на выделенный элементарный участок заостренной части наконечника;

σ_n – нормальное напряжение, действующее со стороны грунта на элемент заостренной части наконечника;

α – угол наклона элемента боковой поверхности заострения к оси симметрии пирамиды наконечника x;

μ – угол трения наконечника о грунт;

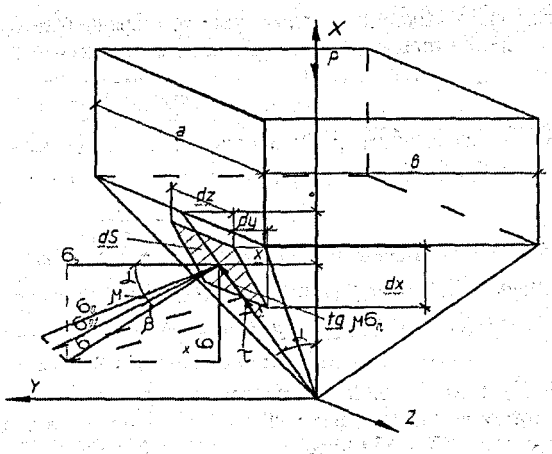
dS – площадь элемента боковой поверхности, взятого на расстоянии x от вершины наконечника;

τ – касательное удельное сцепление грунта с наконечником сваи;

γ – угол отклонения полного напряжения σ от нормали;

β – угол влияния касательных сил сцепления грунта на полное напряжение σ.

а)



б)

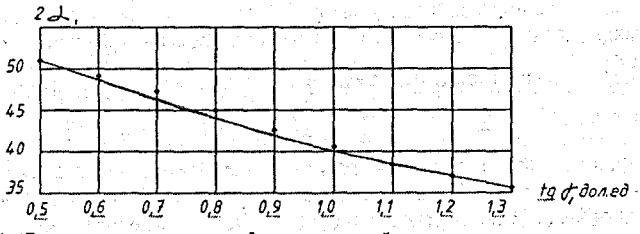


Рисунок 1 – Расчетная схема раскладки напряжений при минимальном сопротивлении грунта под сваей (а) и график зависимости оптимальных углов заострения свай 2^{α} в зависимости от tgγ (б)

Учитывая, что $\cos\alpha\, dS = dz\, dx$, а пределами интегрирования по *x* и z соответственно являются $x_1 = 0$, $x_2 = x_0$ и $z_1 = 0$, $z_1 = x_0$, будем иметь:

$$P = \int_0^{x_0} \int_0^{\alpha\frac{x}{x_0}} (tg\alpha + tg\gamma)\sigma_n dz\, dx = \int_0^{x_0} \sigma_n (tg\alpha + tg\gamma)\alpha\frac{x}{x_0} dx, \qquad (2)$$

где *P* – усилие погружения, приходящееся на одну грань наконечника сваи;

α – ширина поперечного сечения сваи; x_0 – высота наконечника.

Анализ исследований показывает, что для случая предельного равновесия клиновидного штампа или наконечника зонда распределение напряжений по боковой поверхности заострения не зависит от ширины штампа или радиуса скважины (в нашем случае от размера b). Физические явления процесса нагружения свай на глубине, где не происходит скол грунта в сторону открытой поверхности, аналогичны явлениям, возникающим при взаимодействии с грунтом штампов глубокого заложения. Поэтому можно считать, что распределение напряжений по боковой поверхности заострения и боковой отпор также не зависят от ординаты *y*.

Напряжения σ_x и σ_y, как известно, увеличиваются с увеличением угла заострения наконечника сваи, вертикального ножа или штампа. При этом вычисления, произведенные по формуле (3) и ей аналогичной, показывают, что напряжения σ_y, перпендикулярные стенкам прорези, практически остаются постоянными. Поэтому целесообразно выразить усилие P через напряжение σ_y, которое можно вынести за знак интеграла.

Связь между напряжениями, действующими со стороны грунта на выделенный элемент, вытекает из треугольников, в которых полное напряжение σ является общей стороной:

$$\sigma_n = \sigma_y \frac{cos\gamma}{cos\,(\alpha+\gamma)}. \quad (3)$$

Подставляя σ_n из выражения (3) в полученное ранее выражение (2) и полагая $\sigma_n = const, \alpha = const, x_0 = (\frac{b}{2})\,ctg\,\alpha$, после несложных преобразований получим:

$$P = \frac{ab}{2}\sigma_y cos\,\gamma \frac{1+ctg\alpha}{\cos\,(\alpha+\gamma)}. \quad (4)$$

Для определения оптимального угла заострения α исследуем функцию Риз выражения (4) на экстремум, для чего определим первую производную $\frac{dP}{d\alpha}$ и приравниваем ее к нулю. В конечном виде полученное выражение будет выглядеть следующим образом:

$$\sin^2\alpha \cdot tg(\alpha+\gamma)(1+ctg\alpha \cdot tg\gamma) = tg\gamma. \quad (5)$$

Уравнение (5) в общем виде относительно α решить нельзя. Поэтому значение $\alpha = f(tg\gamma)$ будем искать методом подбора. Учитывая, что в реальных условиях для немерзлых и мерзлых [3, 4, 6] грунтов τ/σ_n = 0,3...0,8, а $tg\gamma$ = 0,2...0,7 величина значения $tg\gamma$ может изменяться в пределах от 0,5 до 1,3 (см. рис. 1, а). Результаты исследований сведем в табл. 1, на основании которой построим график (рис. 1, б).

Таблица 1 – Зависимость угла заострения наконечника сваи 2^α от $tg\gamma$

$tg\gamma$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
2^α	51°20'	49°40'	47°40'	45°20'	43°20'	41°20'	39°20'	37°40'	36°40'

Как видно из табл. 1 и рис. 1 б, оптимальными углами заострения наконечника свай при минимальных усилиях и энергоемкости погружения являются 2^α = 36...52°, что соответствует реальным значениям $tg\gamma$ = 0,5...1,3. Полученные значения оптимальных углов заострения хорошо согласуются с экспериментальными данными А. Н. Зеленина [3, 4], который считал угол 2^α = 45° оптимальным применительно для всех видов грунтов, и теоретическими исследованиями В. К. Тимошенко [2], который показал, что существует целый интервал значений 45° ≤ 2^α ≤ 55°, в котором изменение угла заострения клина (наконечника) не оказывает существенного влияния на усилие резания грунта Р.

Исследование уравнения (5) и графика на рис. 1 б доказывает, что выпукло-вогнутые формы заострения наконечников не способствуют существенному уменьшению сопротивления погружению свай из-за практически прямолинейной зависимости $2^\alpha = f(tg\gamma)$ и постоянной величины усилия погружения Р в установленном интервале изменения оптимальных углов заострения наконечников свай 2^α.

Исходя из технологических соображений (простоты изготовления и сложности опалубочных форм), следует считать целесообразной прямолинейную форму заострения профилей и граней 2^α = 36...52°. Для практического применения можно рекомендовать 22^α = 45°.

Список цитированных источников

1. Спиридонов, В.В. Определение оптимальной формы заострения наконечника сваи при погружении в грунт: научно-технический реферативный сборник / В.В. Спиридонов, В.П. Чернюк, В.Н. Пчелин // Проектирование и строительство трубопроводов и газонефтепромысловых сооружений, вып. 9. – М.: Информнефтегазострой, 1982. – С. 28-32.

2. Тимошенко, В.К. Определение формы заострения вертикального ножа при минимальном усилии резания грунта // Строительные и дорожные машины. – №1. – М.: 1971. – С. 16-17.

3. Зеленин, А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами. – М.: Машиностроение, 1968. – 376 с.

4. Зеленин, А.Н. Машины для земляных работ / Основы разрушения грунтов, моделирование процессов, прогнозирование параметров / А.Н. Зеленин, В.Н. Баловнев, И.П. Керов. – М.: Машиностроение, 1975. – 424 с.
5. Чернюк, В.П. Расчет, проектирование и устройство свайных фундаментов / В.П. Чернюк, П.С. Пойта. – Брест: Облтипография, 1998. – 215 с.
6. Цытович, Н.А. Механика грунтов: учебное пособие. – М.: Высшая школа. – 280 с.

УДК365.262.2(476)
Зубко В.А.
Научный руководитель: ст. преподаватель Леванюк С.В.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АРЕНДНОГО ЖИЛЬЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Развитие жилищного строительства характеризуется стабилизацией и обеспечением положительных темпов роста объемов жилищного строительства, сокращением доли государственных капитальных вложений и увеличением доли внебюджетных источников финансирования. В результате происходит постоянное улучшение качественных характеристик жилых помещений, увеличение среднего размера квартир, структуры строящегося жилья.

Для удовлетворения потребностей населения Республики Беларусь в жилье существует дифференцированная система улучшения жилищных условий, включающая:

1) кредитование покупки (ремонта, реконструкции и модернизации) жилья;

2) государственную поддержку граждан при строительстве жилья, включающую:

предоставление одноразовых безвозмездных субсидий за счет средств бюджета, льготных банковских кредитов, займа у организаций по месту работы на строительство жилья;

3) предоставление жилых помещений социального пользования, построенных за счет средств республиканского и местных бюджетов, предназначенных для граждан, имеющих в соответствии с законодательством право на получение указанного жилья.

Несмотря на значительные объемы ввода квадратных метров общей площади жилья, спрос на жилье огромен. Остро стоит проблема обеспечения доступности жилья для граждан с разным уровнем дохода. Наметившаяся тенденция улучшения структуры строящегося жилья и качественных характеристик жилых помещений не соответствует платежеспособному спросу населения. Увеличение предложения финансовых ресурсов, в свою очередь, увеличивает спрос на жилье, что выражается в росте цен на строительную продукцию.

Рыночный механизм не в состоянии обеспечить равновесие спроса и предложения на рынке жилья даже при ценах, ориентированных на средние доходы. В условиях приоритета частного жилищного фонда удовлетворение жилищных потребностей граждан осуществляется за счет их собственных средств (в том числе и кредитов банков). Поэтому защита отдельных категорий граждан, нуждающихся в улучшении жилищных условий, особенно молодых и многодетных семей, малообеспеченных, нетрудоспособных и некоторых других, и выравнивание условий проживания населения областей, районов, городов и поселков городского типа, агрогородков и сельских населенных пунктов – неизбежные компоненты жилищной политики государства.

Улучшение жилищных условий населения невозможно без развитого рынка жилья, предназначенного для сдачи в найм или аренды. Без цивилизованного рынка аренды жилья почти невозможно обуздать дефицит и цены на квартирном рынке, эффективное решение жилищного вопроса, решение проблемы мобильности населения. Особенно

это верно для крупных городов. Однако для этого следует пересмотреть представление о необходимости всем иметь жилье в собственности. Понятно, что жильцы не будут иметь права собственности на квартиру: ее нельзя ни поменять, ни продать. Такое жилье рассматривается как «промежуточное» до покупки собственной квартиры или строительства дома.

Самое главное преимущество в аренде жилья – то, что не нужно тратить средства на его покупку и можно выбрать жилье, которое понравится, в любом районе и с любой планировкой. Также преимуществом можно назвать и то, что съемное жилье будет соответствовать всем требованиям съемщика, и не придется жить в общежитиях или маленькой «хрущевке».

К основным преимуществам арендного жилья относятся:

1. Время. Аренда квартир оформляется очень быстро и практически сразу можно жить в полностью укомплектованной квартире и ни о чем не беспокоиться. При покупке же квартиры оформление занимает месяцы, а потом нужны еще и годы, чтобы сделать ремонт, обставить квартиру и купить все необходимое.

2. Стоимость. Необходима сумма более чем в 400 раз большая, чтобы только начать действия по приобретению квартиры, чем та сумма, с помощью которой можно снять и жить в полностью обустроенной квартире.

3. Экономичность. Аренда квартир в несколько раз выгоднее и удобнее по сравнению с проживанием в гостиницах.

4. Мобильность. Аренда квартиры делает человека мобильным и свободным. Можно быстро и легко менять дома, районы, города и страны, не обременяя себя собственной недвижимостью.

Что такое арендное жилье? Это целый жилой дом или даже комплекс, предназначенный для сдачи в долгосрочную аренду с целью получения прибыли. Это обычный бизнес внутри государства, на который распространяются соответствующие законы. Однако в обществе еще не сложилось понимание того, что сдача жилья в коммерческий найм – это отдельный вид бизнеса. Предложение такого жилья сконцентрировано только в частном жилищном фонде, доля которого составляет более 80%. Регулируется коммерческий найм исключительно Гражданским кодексом Республики Беларусь. Договор при этом устанавливает лишь гражданские правоотношения. Многие наниматели снимают квартиры нелегально, без оформления договоров. Таким образом, реальные объемы жилья, сдаваемого в коммерческий найм, статистикой не отражаются, отсутствует необходимая информация для анализа и планирования строительства жилья различных качественных параметров и назначения, в том числе, арендного жилья.

Важно отметить, что при строительстве арендного жилья квартиры возводятся «под ключ», то есть с внутренней отделкой, установленной сантехникой, там не будет только мебели. При этом застройщики арендного жилья будут заинтересованы в прогрессивных архитектурно-конструктивных решениях строящихся домов, в характеристиках качественных параметров жилья и в качестве строительства. При этом строительство арендных домов не сразу приносит прибыль (по сравнению с продажей). Такие дома окупаются через 25-30 лет, а если учитывать инфляционную составляющую, доход с трудом поддается подсчетам. Сегодня застройщикам выгоднее продать жилье, особенно в Минске. Стало быть, необходимо создавать стимулы для развития строительства арендного жилья. Строительство арендного дома должно быть выгодным, чтобы, решая, куда вложить деньги, инвестор из многих возможностей выбрал бы именно арендное жилье. Это одно из главных условий для привлечения денег в этот сектор. Однако в настоящее время, если частное юридическое лицо построит дом, предназначенный для сдачи в коммерческий найм или аренду, то оно обязано принять этот дом на баланс и оплачи-

вать коммунальные услуги по тарифам, установленным для юридических, а не для физических лиц. Соответственно пока строить и содержать такой дом невыгодно.

В 2006–2011 гг. в Беларуси построено 31,7 млн. кв. метров жилья. За счет этого жилищные условия улучшили 241,6 тыс. семей – более 1 млн. человек. Свыше 60% жилья (19,4 млн. кв. м) построено гражданами с государственной поддержкой. По итогам 2010 г. Беларусь заняла лидирующее положение среди стран СНГ по вводу жилья (699 кв. м на 1 тыс. жителей) и второе место по обеспеченности жильем (24,6 кв. м на человека).

Условия предоставления гражданам жилых помещений коммерческого использования, или, как его уже успели назвать в народе, арендного жилья, были установлены Указом Президента РБ от 08.11.2011 № 512 «О некоторых вопросах использования государственного жилищного фонда». Этот документ вступил в силу 1 января 2012 г.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 27.12.2011 № 1739 базовая ставка платы за пользование жилыми помещениями коммерческого использования государственного жилищного фонда установлена в размере 0,2 базовой величины на 1 кв.м общей площади жилого помещения в месяц, т.е. 20 тыс. руб. Для определения размера арендной платы разработаны понижающие и повышающие коэффициенты. Для города Бреста понижающий коэффициент составляет – 0,75, г. Гродно – 0,5, в г. Лида – 0,4, в городах Волковыске, Новогрудке, Слониме, Сморгони – 0,3, в других населенных пунктах – 0,2. Город Минск разбит на 5 зон и для каждой установлены повышающие коэффициенты: для 1-й – 3, для 2-й – 2,5, для 3-й – 2, для 4-й – 1,5, для 5-й – 1.0. Понижающие или повышающие коэффициенты служат для того, чтобы государственное арендное жилье не вытеснило существующее частное арендное жильё. Стоимость арендного квадратного метра периодически будет пересматриваться с учетом экономической ситуации в республике, т.к. для государства содержание такого жилья должно быть экономически оправданным. Средства, полученные от сдачи жилых помещений коммерческого использования, будут направляться на строительство или реконструкцию таких помещений. Это позволит постоянно увеличивать государственный арендный жилищный фонд, обеспечивая тем самым окупаемость затрат на его создание и возврат бюджетных средств.

Первый арендный дом в г. Бресте (рис. 1) был построен в микрорайоне «Вулька-3» КУПСП «Брестжилстрой», это 9-этажный 80-квартирный дом, который был введен в эксплуатацию в начале 2013 года.



Рисунок 1 – Первый арендный дом в г. Бресте

Стоимость дома составила 23 млрд. 140 млн. рублей, которые выделил областной бюджет. Заявления о предоставлении в аренду жилого помещения коммерческого использования принимались с 25 января по 8 февраля. Но уже за первый день на 80 квартир претендовали 320 желающих, а в последний день эта цифра уже перевалила за 1000.

В арендном доме 40 однокомнатных квартир общей площадью от 41,7 до 42,4 кв. м. и жилой – от 17,0 до 17,2 «квадратов», а также 40 двухкомнатных квартир общей площадью от 62,5 до 63,2 кв. м. и жилой – от 34,6 до 35,1 «квадратов». Квартиры благоустроенные, кухонное оборудование – газовая плита, раздельный санузел, в некоторых квартирах имеются лоджии.

На начало 2013 г. определена и арендная плата: за однокомнатную квартиру она составляет от 625,5 до 636 тыс. руб. в месяц, а за двухкомнатную – от 937,5 до 948 тыс. руб. в месяц (в зависимости от общей площади квартиры). Плюс коммунальные платежи, которые нужно платить как в обычной квартире – в зависимости от количества проживающих. Почти со всеми будущими арендаторами будут заключены договора аренды сроком на 5 лет, кроме граждан, которые уже строят дом или квартиру. С ними арендные отношения будут зафиксированы на 2 года с возможностью продления в случае, если за это время собственное жилье не будет достроено. В течение месяца они должны заключить договор найма и заселиться в арендованные квартиры.

Планируется в г. Бресте возвести еще два арендных дома по 80 квартир том же районе «Вулька - 3». На их строительство выделено 41 млрд. руб. Стоимость каждого дома по 25 млрд. руб. Первый должен быть сдан в конце 2013 г., а на строительство второго не хватает еще 9 млрд., так что его возведение планируется на 1 квартал 2014 г.

Первые арендные дома в г. Витебске будут построены в 2013 г. При формировании бюджета 2013 г. Учитывается строительство пяти арендных домов – это около 500 квартир.

Первый арендный дом в г. Гродно намечено сдать в 2013 г. Это 72-квартирная многоэтажка на улице Кремко. В новостройке – по 36 однокомнатных и двухкомнатных квартир, которые поровну распределяются между районами областного центра.

На рынке арендного жилья в г. Могилеве – ажиотажный спрос. Снять квартиру здесь стало практически невозможно. В 2012 году в Могилеве началось строительство первого в области арендного жилья.

В городе Минске первые арендные дома появились рядом с Парком высоких технологий, что позволило привлечь новых сотрудников для работы в технопарке. Еще три дома появятся вскоре в микрорайоне Михалово (в границах улиц Гурского и Алибегова), плюс две многоэтажки – по улице Солтыса. Их высота будет колебаться от 16 до 19 этажей. В 2013-2014 гг. столица планирует возвести по 5 арендных домов, из расчета 600-700 квартир в год.

В Европе арендный фонд эффективно работает, а строительство арендного жилья быстро развивается за счет недорогих кредитных ресурсов и преференций, которые предоставляются компаниям, строящим арендное жилье. В результате почти половина населения за рубежом живет в арендуемом жилье. Так, доля арендного жилья в Германии составляет 60%, в Швеции – 57%, в Нидерландах – 55%, в Дании – 44%, в Японии и США – порядка 34%. В России также построены первые доходные дома, причем бизнесменами. Арендную квартиру там со временем и при желании можно выкупить. В этом случае часть арендной платы будет засчитываться в качестве взноса.

В целом, согласно Концепции жилищной политики, в будущем в сфере строительства арендного жилья должна быть динамика. До 2015 г. включительно по республике предполагается построить 600 тыс. м²: 110 тыс. м² – в 2013 г., 180 м² – в 2014 г., 250 м² – в 2015 г.

Как видно из всего вышеизложенного, перспективы у арендного жилья очень неплохие. Государство намерено пополнять фонд арендного жилья. Это тот резерв, который

будет накапливаться и всегда будет в распоряжении властей для решения острых жилищных проблем. Уже много лет государственные банки на определенных условиях дают населению дешевые льготные кредиты. Собственников жилья становится больше, а очередь нуждающихся не уменьшается. В условиях жесткой экономии государство выделило в отдельную категорию и стало формировать государственный жилищный фонд коммерческого использования (арендное жилье). С созданием такого фонда государственные средства будут расходоваться более разумно. Арендное жилье – это один из путей для очередников решить проблему крыши над головой.

Список цитированных источников

1. Концепция государственной жилищной политики Республики Беларусь на 2012–2015 годы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.respublika.by. – Дата доступа: 26.03.2013.
2. О некоторых вопросах использования государственного жилищного фонда: Указ Президента Республики Беларусь от 08.11.2011 № 512.
3. Перспективы развития арендного жилья в Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.pro-n.by. – Дата доступа: 26.03.2013.

УДК [725.42:664] (476.7) "18/19"

Климук Н.А.

Научный руководитель: кандидат архитектуры, доцент Залесская Г.Л.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ ЮГО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА БЕЛАРУСИ XIX – НАЧАЛА XX ВЕКОВ КАК ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью настоящей работы является выявление объектов пищевкусовой отрасли производства из общей совокупности производственных объектов и комплексов на территории юго-западного региона Беларуси.

Введение. Архитектура – это предметно-пространственная среда, «создаваемая человеком чтобы жить и оставлять потомкам в наследство» [1], включающая разные области деятельности. Одной из разновидностей архитектуры является промышленная архитектура как самостоятельный вид зодчества, охватывающий обширный спектр объектов производства. На территории Беларуси промышленная архитектура возникла достаточно поздно. Ее первые примеры появляются в 30-х годах XIX века. Большее количество объектов промышленной архитектуры появилось в конце XIX - начале XX века.

Основная часть. В XIX – начале XX в. в Беларуси происходили сложные социально-политические процессы, обусловленные распадом феодально-крепостнического строя, формированием буржуазных отношений. В результате трех разделов Речи Посполитой (1772, 1793, 1795) территория Беларуси была присоединена к Российской империи. Надежды значительной части населения на улучшение жизни, поддержку национальной культуры не оправдались. Многие события повлияли на перипетии развития культуры белорусского народа: Отечественная война 1812 г., Первая мировая война, польские восстания 1794, 1830–1831 и 1863–1864 гг. и т.д. Однако несмотря на это, наблюдался подъем экономики, активизация социальной и политической деятельности.

С присоединением белорусских земель к Российской империи усилилось воздействие на отечественную архитектуру и изобразительное искусство русских художественных стилей. В частности, оно проявилось в застройке белорусских городов, в зодчестве дворцовом и культовом. При этом новое строительство вначале развивалось главным образом под влиянием неоклассицизма, трансформировавшего в себе изобразительные элементы позднего барокко. Для перенесенного на белорусскую почву модифицированного классицизма были характерны монументальность форм, богатство и пышность ин-

терьеров, увлечение галереями, портиками с колоннами, весьма своеобразное соединение в импозантных фасадах ритмической регулярности архитектонических форм с изысканными декоративными украшениями. В первой трети XIX в. так называемый модифицированный классицизм впитывал также заимствованные черты промежуточных стилей – рококо и ампира с их внешними парадностью и утонченной декоративностью, пластикой, демонстрируя «цитаты» из прошлых художественных эпох.

В отечественной архитектуре происходила смена, трансформация и частичное смешение стилей. Архитектуре XIX – начала XX в. отчасти присущ стилевой эклектизм – несколько произвольное соединение разных художественных элементов. Некоторые зодчие пытались возродить неоготику, неоклассицизм, неорусский стиль, сочетать их между собой и с новым декоративным стилем – модерном. Эклектические подходы нашли свое выражение в решении зданий и сооружений различного назначения, в том числе и производственных объектах [2].

Понятие «промышленная архитектура» отражает функциональную типологию, основополагающий принцип которой заключается в том, что сооружения конкретного назначения имеют определенную технологию процессов жизнедеятельности, различные по назначению сооружения имеют разные технологии и, как следствие, разные материальные, пространственные и художественно-образные характеристики. Объекты промышленной архитектуры распространены повсеместно [3].

В период с XIX – по XX вв. истории белорусского промышленного зодчества отличается тем, что основную роль в его становлении сыграли предприятия, создаваемые частными лицами. Эти здания далеко не всегда были самыми крупными, однако новые объекты частного капитала развивались в русле общеевропейских тенденций. Проекты частных построек выполнялись преимущественно инженерами, иногда архитекторами.

Отличием производственных объектов Беларуси является их преимущественное размещение вне городов, поскольку существовали определенные налоговые льготы и инициаторами возникновения этих построек были помещики, крупные землевладельцы, которые могли себе это позволить. Размещение предприятий за пределами городов, в сельской местности, следовало традиции фабрично-заводского строительства первой половины XIX века [4].

В период до Первой мировой войны 60-65% предприятий располагались вне городов, зачастую они входили в состав имений, усадеб, занимались переработкой сельхозпродукции [5].

Усадьбы в прошлом являлись наиболее выразительными культурными и экономическими образованиями Беларуси. Усадьба – это и блеск светской культуры, и среда сочетания, духовных и интеллектуальных ценностей, и развитой хозяйственный комплекс. Усадьбы были сложными комплексами соподчиненных архитектурных и природных элементов и включали дворцы и усадебные дома, хозяйственные и производственные строения, каплицы, сады, парки, водные системы, а также малые архитектурные формы. Все объекты имений объединялись единой логикой планировочного построения и создавались в соответствии со стилевыми принципами определенной эпохи [6].

Формирование усадеб протекало в русле развития общеевропейской культуры с учетом местных традиций, исторических и социально-экономических условий, а также уклада жизни, эстетических вкусов их владельцев. Традиционная помещичья усадьба включала дом с флигелями, прилегающий парадный двор, ворота, оранжерею, сад, конюшню, амбар, а также постройки, имеющие производственный характер.

Большую роль, особенно в планировочном решении усадеб, играли формы рельефа, естественная растительность, гидрологические и здафо-климатические условия. В ре-

зультате длительного исторического синтеза складывалась не просто усадьба, а формировался своеобразный ландшафт.

Каждая усадьба – это особый культурно-исторический и экономический пласт, тесно связанный с историей и жизнью других усадеб и страны в целом [6].

Отдельные промышленные здания пищевой отрасли приближались к усадьбе и могли быть построены в едином комплексе с усадебным домом и парком при реках, озерах, прудах. Поскольку винокуренные, крахмальные заводы, мельницы не имели большого числа построек, а, как правило, находились в одном здании, то они включались в композицию парадной части имения.

Внешний вид промышленных строений во многом определялся техническими и экономическими факторами. С 1880-х гг. начинается поиск средств выразительности утилитарных объектов, где сам строительный материал, строительная техника, конструкция должны стать основным источником архитектурной выразительности.

Архитектура производственных объектов становилась многообразнее. Это касалось особенно пищевкусовой отрасли, где в большей степени внешний вид здания формировался под влиянием технологических особенностей [4].

К пищевкусовой отрасли производства можно отнести сыроварение, мукомольное и крахмальное производства, а также следующие объекты:

- бровар или винокурня (пивоварня);
- спиртзавод;
- сыроварня;
- сахарный завод;
- крахмальный завод;
- мельницы.

Заключение. В статье рассматриваются архитектурные решения производственных комплексов юго-западного региона Беларуси с градостроительной, пространственной, стилистической точек зрения. Предложены термины и понятия, определяющие комплексы пищевкусовой отрасли производства из общей совокупности производственных объектов и комплексов. Определены критерии отбора объектов исследования для дальнейшего изучения производственных комплексов пищевкусовой отрасли юго-западного региона Беларуси XIX - начала XX веков.

Список цитированных источников

1. Мастера советской архитектуры об архитектуре: в 2 т. / под общ. ред. М. Г. Бархина, А.В. Иконникова [и др.]. – М.: Искусство, 1975. – Т. 2: Советская архитектура / Сост. М.Г. Бархин и Ю.С. Яралова. – М.: Искусство, 1975. – 584 с.
2. Национальный Интернет-портал РБ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://stud24.ru/art/izobrazitelnoe-iskusstvo-belarusi-konca-18/159136-465296-page3.html. – Дата доступа: 13.01.2013.
3. Морозова, Е.Б. Промышленная архитектура как часть материальной среды. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://bsc.by/story/promyshlennaya-arhitektura-kak-chast-materialnoy-sredy.
4. Лакотка, А.І. // Архітэктура Беларусі: нарысы эвалюцыі ва ўсходнеславян. і еурап. кантэксце: у 4 т. – Мн.: Беларус. навука, 2007. – Т.3. – Кн 2: Другая палова XIX-XX ст. / навук. рэд. А.І. Лакотка. – 549 с., іл.
5. Залесская, Г.Л. *Никто не жаждет превращать свои промышленные здания в памятники архитектуры.* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.hata.by/exclusive/docent_galina_zaleskaya-4161/#in_news_begin.
6. Федорук, А.Т. Старинные усадьбы Берестейщины / А.Т. Федорук; под ред. Т.Г. Мартыненко. – 2-е изд. – Минск: БелЭн, 2006. – 576 с.
7. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа. http://dic.academic.ru/dic.nsf/es/44146/пищевкусовая.– Дата доступа: 13.01.2013.
8. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа. http://www.dudutki.by/museum/brovar.html.– Дата доступа: 13.01.2013.
9. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа. http://globus.tut.by.– Дата доступа: 13.01.2013.

УДК 624.04
Коденская Т.И.
Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.

О ВЛИЯНИИ СДВИГОВЫХ И ПРОДОЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НА УСИЛИЯ В ДВУХШАРНИРНЫХ АРКАХ

Рассматривается статический расчет двухшарнирных арок (рис. 1 а) методом сил. Основную систему метода сил примем в виде, представленном на рисунке 1 б, а каноническое уравнение метода будет иметь вид:

$$\delta_{11}X_1 + \Delta_{1P} = 0, \qquad (1)$$

где δ_{11} – взаимное расхождение по горизонтали сечений затяжки в месте ее разреза от действия сил X_1, равных единице; Δ_{1P} – взаимное расхождение по горизонтали сечений в затяжке в месте ее разреза от действия на арку заданных внешних нагрузок.

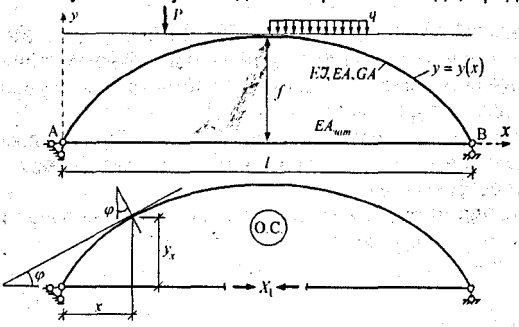


Рисунок 1

Перемещения δ_{11} и Δ_{1P} в общем случае с учетом сдвиговых и продольных деформаций определяются по формулам Мора:

$$\delta_{11} = \int_0^S \frac{\bar{M}_1^2 ds}{EJ} + \int_0^S \eta \frac{\bar{Q}_1^2 ds}{GA} + \int_0^S \frac{\bar{N}_1^2 ds}{EA} + \int_0^l \frac{\left(\bar{N}_1^{зат}\right)^2 dx}{EA_{зат}}; \qquad (2)$$

$$\Delta_{1P} = \int_0^S \frac{\bar{M}_1 M_P dx}{EJ} + \int_0^S \eta \frac{\bar{Q}_1 Q_P dx}{GA} + \int_0^S \frac{\bar{N}_1 N_P dx}{EA}, \qquad (3)$$

где *EJ*, *GA*, *EA* – жесткости арки соответственно при изгибе, сдвиге и растяжении-сжатии; η – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения касательных напряжений по высоте сечения при изгибе (для прямоугольного сечения равен 1,2); $\bar{M}_1, \bar{Q}_1, \bar{N}_1$ – зависимости изменения единичных эпюр изгибающих моментов, поперечных и продольных сил в арке от действия единичного значения неизвестного метода сил, то есть от действия силы X_1, равной единице; $\bar{N}_1^{зат}$ – закон изменения эпюры *N* в затяжке от действия $X_1 = 1$; M_P, Q_P, N_P – зависимости изменения эпюр *M*, *Q* и *N* в арке от действия внешних нагрузок.

Зависимости изменения усилий $\bar{M}_1, \bar{Q}_1, \bar{N}_1, \bar{N}_1^{зат}$ для рассматриваемой арки имеют вид:

$$\bar{M}_{1x} = -y_x; \qquad \bar{Q}_{1x} = -\sin\varphi_x; \qquad \bar{N}_{1x} = -\cos\varphi_x; \qquad \bar{N}_1^{зат} = 1. \qquad (4)$$

Усилия M_P, Q_P и N_P в О.С. обычно выражают через так называемые балочные эпюры M_P^o и Q_P^o, построенные в простой двухопорной балке, имеющей пролет, равный пролету арки, и загруженной такой же внешней нагрузкой. Поперечные и продольные силы в О.С. метода сил арки Q_P и N_P выражаются через балочную эпюру Q_P^o с помощью соотношений

$$Q_P = Q_P^o \cos\varphi; \qquad N_P = -Q_P^o \sin\varphi. \qquad (5)$$

Подставляя полученные зависимости в (2) и (3) и учитывая, что $ds = dx/\cos\varphi_x$, выражения для перемещений δ_{11} и Δ_{1P} получим в виде:

$$\delta_{11} = \int_0^l \frac{y^2 dx}{EJ\cos\varphi} + \int_0^l \eta \frac{\sin^2\varphi\, dx}{GA\cos\varphi} + \int_0^l \frac{\cos\varphi\, dx}{EA} + \frac{l}{EA_{зат}}; \quad (6)$$

$$\Delta_{1P} = -\int_0^l \frac{y M_P dx}{EJ\cos\varphi} - \int_0^l \eta \frac{\sin\varphi\, Q_P dx}{GA\cos\varphi} - \int_0^l \frac{N_P dx}{EA}. \quad (7)$$

Первые слагаемые в этих выражениях учитывают влияние изгибных деформаций, выражаемых через изгибающие моменты, вторые и третьи слагаемые учитывают соответственно влияние сдвиговых и продольных деформаций, выраженных через поперечные и продольные силы, четвертое слагаемое учитывает влияние продольных деформаций в затяжке.

После вычисления величин δ_{11} и Δ_{1P} решается уравнение (1) и находится неизвестное метода сил $X_1 = -\Delta_{1P} / \delta_{11}$. Окончательные эпюры изгибающих моментов, поперечных и продольных сил в статически неопределимой арке после этого строятся по формулам:

$$M = \bar{M}_1 \cdot X_1 + M_P = -yX_1 + M_P;$$
$$Q = \bar{Q}_1 \cdot X_1 + Q_P = -\sin\varphi\, X_1 + Q_P; \quad (8)$$
$$N = \bar{N}_1 \cdot X_1 + N_P = -\cos\varphi\, X_1 + N_P; \qquad N^{зат} = \bar{N}_1^{зат} \cdot X_1 = 1 \cdot X_1 = X_1.$$

Учитывая в выражениях (6) и (7) те или иные слагаемые или их сумму, можно оценить влияние различных видов деформаций на усилия и перемещения в арках. Сразу следует сказать, что определяющим в расчетах изгибаемых систем, к которым относятся и арки, являются [1] изгибные деформации (первое слагаемое). Здесь далее исследуем влияние сдвиговых и продольных деформаций на усилия в двухшарнирных арках различных очертаний (кругового, параболического, синусоидального, эллиптического, гиперболического, катеноидального, стрельчатых арок) и параметров (стрелы подъема арки *f*, высоты сечения – при неизменной площади сечения). Расчет двухшарнирных арок выполняется по компьютерной программе «Arka2» (рисунок 2), разработанной на кафедре строительной механики БрГТУ [2].

Рассмотрим арку пролетом 18 м со стрелой подъема 5 м, нагруженную равномерно распределенной нагрузкой 15 кН/м симметрично по всей длине пролета (рисунок 2) и несимметрично на две трети пролета арки.

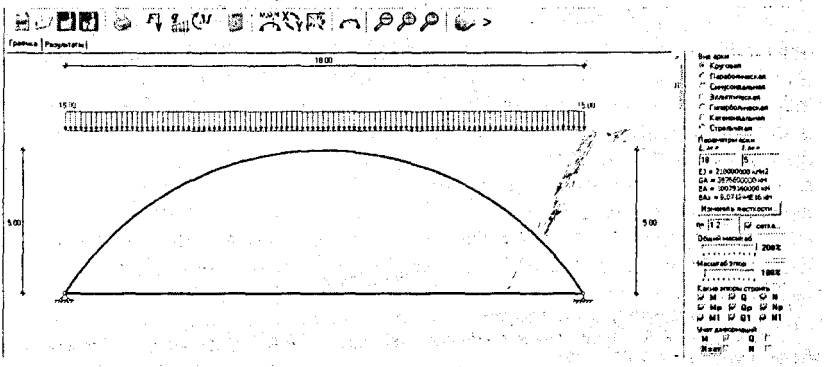


Рисунок 2 – Основное окно программы «Arka2» и расчетная схема арки

Анализ результатов расчета показывает, что наибольшее влияние учет поперечных и продольных деформаций на величины усилий (до 31,62%) оказывает в арках со стрель-

чатым очертанием при высоте подъёма стрелы арки f = 7 м (рисунок 3, 4). При этом влияние поперечных деформаций во всех случаях незначительно (менее 1%), то есть основным и более существенным является влияние продольных деформаций. При этом влияние учета поперечных и продольных деформаций увеличивается с ростом стрелы подъёма и при увеличении высоты сечения арки (при неизменной площади сечения).

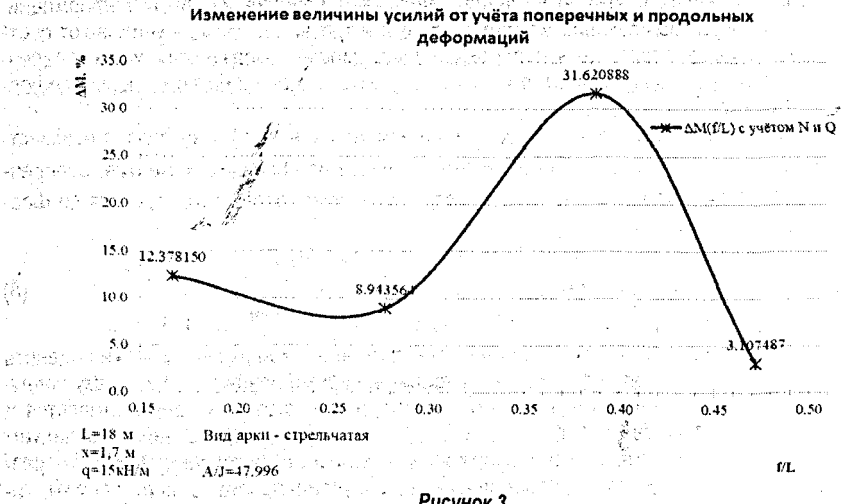


Рисунок 3



Рисунок 4

Список цитированных источников

1. Борисевич, А.А. Строительная механика: учеб. пособ. / А.А. Борисевич, Е.М. Сидорович, В.И. Игнатюк. – Мн.: БНТУ, 2007. – 821 с.

2. Расчет двухшарнирных арок на статические нагрузки: методические указания по дисциплине «Строительная механика» для студентов специальности 70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» / В.И. Игнатюк; БрГТУ. – Брест, 2003. – 27 с.

УДК [72 (09) + 712] (476.7)
Козлович Ю.Н.
Научный руководитель: доцент Ширяева Л.А.

ТУРИСТИЧЕСКИЙ МАРШРУТ ПО АРХИТЕКТУРНО-ИСТОРИЧЕСКИМ ПАМЯТНИКАМ И ЛАНДШАФТНЫМ ЗАПОВЕДНИКАМ БЕРЕЗОВСКОГО РАЙОНА

Целью написания статьи явилось акцентирование внимания на сбережении культурно-исторического наследия белорусской земли. Разработанный туристический маршрут является толчком к размышлению о нашем историческом достоянии, которое даёт возможность окунуться в более далёкое и неизведанное для нас время. Путешествуя, мы можем прикоснуться к Величайшей истории, к жизни наших предков. Всякий архитектурный памятник напоминает необычайный сундук на уже затонувшем корабле, в котором скрыто великое многообразие тайн и загадок. Маршрут по архитектурно-историческому наследию Березовского района Брестской области проложен по следующим направлениям: деревня Малеч – биологический заказник «Бусловка» – деревня Селец – город Береза – деревня Соколово – деревня Пески – биологический Споровский заказник – город Белоозерск.

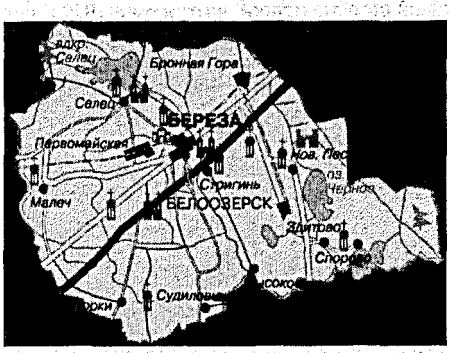


Рисунок 1 – Карта Березовского района

Берёзовский район расположен в центральной части Брестской области и занимает площадь в 1,5 тыс.кв.км. Граничит с Ивацевичским, Пружанским, Кобринским, Дрогичинским и Ивановским районами. Район создан 15 января 1940 г. Площадь 1.4 тыс.км.кв. Береза – центр Берёзовского района Брестской области с населением 30,0 тыс. чел. Расположена на реке Ясельда в 120 км от Бреста. Всего на Березовщине 114 памятников истории и культуры. 15 объектов Березовского района внесены в Государственный список историко–культурных ценностей Республики Беларусь. Наиболее значимые из них Черняковская Свято-Николаевская церковь 1725 г., руины кляштора картузианцев XVII века, Старопесковский усадебно-парковый комплекс XIX века, Сигневичский Римско-католический костел Святой Девы Марии 1795 г. В д. Здитово создан мемориальный комплекс "Здитовская оборона" на месте боев 1944. На территории района функционирует оздоровительный центр "Брестэнерго", туристов принимают усадьбы "Споровская", "Щедрый заяц" и др.

Начнём маршрут с деревни Малеч, которая является первым населённым пунктом, получившим Магдебурское право. Первые письменные сведения о ней относятся к 1563 г. в связи с постройкой в селе церкви Святого Симеона. Она была возведена в 1873 г. Композиция сооружения напоминает архитектуру храмов московских земель XVII–XVIII вв.

Башня-колокольня акцентирует вход, имитируя образ столбчатого храма, одновременно являясь вертикальной осью сооружения. Конструктивно она складывается из объема четверика, на который опирается восьмерик, тем самым напоминая деревянные постройки храмов того времени. Стилистика общих форм указывает на простоту решения и логику классицизма, о котором говорят: угловая рустовка, декоративные триглифы и метопы во фризовых лентах карнизов, циркульные очертания оконных проемов. Строгие формы объемов разбиваются криволинейным очертанием кровли башни, которую венчает луковка. Позднее к северу от храма была выстроена небольшая часовня.

Следующим пунктом на маршруте является биологический заказник. «Бусловка», который был создан в 1997 г. с целью стабилизации экологического равновесия в бассейне реки Ясельда, нарушенного крупномасштабной осушительной мелиорацией, а также для сохранения разнообразных типов лесной и болотной растительности с наборами редких, охраняемых и хозяйственно-ценных видов животных и растений, с общей площадью 7936 га.

Из заказника наша дорога ведёт в деревню Селец, которая находится в 6 км от города Березы и имеет возраст 605 лет. Редко когда населенный пункт может похвастаться таким долголетием. Самым ярким впечатлением нас одаривает костёл Святого Алексея, расположенный по левой стороне дороги, в котором в 1912 г. прошло первое богослужение. Построенный из кирпича согласно проекту гродненского губернского архитектора В.А. Срока в неоготическом стиле, он разделяет две архитектурные эпохи: модерн и рационалистическое понимание новой архитектуры, которая читается в массивных частях трехъярусной башни, представляющей единый фасад. Присматривает за храмом и занимается благоустройством прилегающей территории местный житель Генрих Кононович.

По правой стороне дороги, напротив костёла – Успенская церковь в псевдорусском стиле, построенная в 1863–1870 годах. Её объемно-пространственная композиция напоминает храм в Малече. Удивительно тонко декоративными элементами оформлены фасады – это вертикальные тяги, горизонтальные пояски, фигурные циркульные кокошники над окнами центрального нефа. Подобрано неяркое колористическое решение для всего объема храма.

Наше путешествие продолжается в город Береза, который упоминается в исторических текстах в 1477 г. Сегодня численность населения города составляет 30 тысяч человек. Рассмотрим наиболее яркие архитектурно-исторические памятники: православная церковь св. Петра и Павла, построенная в 1864 г. и, к сожалению, существенно перестроенная в 2003 г. О старых очертаниях постройки мы можем судить только лишь по сохранившимся фотографиям. На мой взгляд, реконструкцию можно было провести с сохранением первоначального стилевого решения.

Следующим объектом посещения, которое уже многие десятилетия привлекает многочисленных туристов, является Картузианский монастырь, основанный в 1648 г. канцлером ВКЛ Львом Сапегой для искоренения протестантизма и православия. Строительство осуществлялось итальянскими архитекторами (их имена неизвестны) и продолжалось с 1648 по 1689 год. Подобного кляштора в Европе нет и никогда не было. Все картузианские монастыри строились по одной главной концепции: непосредственное расположение рядом друг с другом келий и связывающий их общий коридор, наличие замкнутого внешнего ограждения в виде сплошной высокой стены с хозяйственными постройками. Строительство березовской картузии осуществлялось на протяжении длительного времени и не велось по единому проекту. Березовский костел имел восьмигранную многоярусную башню-колокольню с куполом, которая примыкала к средней апсиде костела и формировала силуэт ансамбля. Подобные колокольни не характерны для других картузианских костелов. Ее высота составляла 55 м. (Для сравнения высота

башен Московского кремля колеблется в пределах 50-65 м). Колокольня находилась внутри прямоугольного дворика размером 130х150 м и являлась оборонительной башней с мощными стенами и узкими окнами-бойницами. Ее ярусы связывались винтовой лестницей в толще стен и были приспособлены для пушек.

Сам костел отличался особой пышностью убранства. Монастырский комплекс возводился в стороне от местечка Береза, практически на болоте. Чтобы построить храм и другие сооружения, приходилось забивать в землю крепкие дубовые сваи. Итальянский архитектор в оздобление костела внес элементы модного по тем временам стиля развитого барокко. Храм представлял собой трехнефную базилику с тремя гранеными апсидами и граненым тамбуром на входе. В интерьере находилось 13 алтарей – все украшены лепниной, резьбой по дереву, полихромными с позолотой скульптурами, живописными картинами самих художников-монахов и итальянских мастеров. Костел был покрыт листовой медью, пол выложен шведским мрамором. Его внутреннему убранству уделялось особое внимание, в отличие от монашеских келий. Считалось, что живущим в отшельничестве затворникам нет необходимости ублажать свои взоры лепниной и росписью.

Внешнее и внутреннее великолепие костела поражало современников своей оригинальностью и роскошью. Один паломник из Западной Европы, присутствующий на церемонии освящения храма, не удержался от восторженного отзыва в своих записках: «По своему великолепию нет ничего подобного в нашей рейнской провинции». Монастырь представлял собой сложный архитектурный комплекс, включавший костел св. Иосифа, кельи, трапезную, библиотеку, госпиталь, аптеку и многочисленные хозяйственные постройки; был окружён рвом и каменой стеной с небольшими башенками. Про быт и удивительную предприимчивость монашеской братии можно рассказывать долго. Сегодня остаётся лишь мечтать о том, чтобы восстановить хотя бы одну из частей этого огромного архитектурного ансамбля.

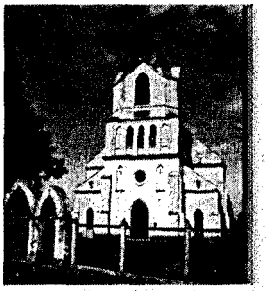


Рисунок 2 – Костел св. Алексея в Сельце



Рисунок 3 – Северная въездная брама в Песках

После величественного образа Картузианского монастыря туристический пейзаж открывается на деревню Соколово, в которой расположена церковь Усекновения главы Иоанна Предтечи. Она построена из дерева в простом, лаконичном стиле в 1820-е годы и обновлена в 1864 г. Совсем недалеко расположена и другая деревня – Пески, через которую пролегает наш маршрут. Она является одним из стародавних поселений на территории Березовщины с 1503 г. Якуб Пусловский выкупил часть земли у Александра Ягелончика, вторую часть его жена Барбара получила в наследство, и к 1939 г. здесь была фамильная резиденция графов Пусловских, которая представляла собой усадебно-парковый ансамбль, состоящий из церкви св. Троицы, северной брамы и здания основной усадьбы. Красоту и неповторимость архитектурных форм запечатлел на своих рисунках Наполеон Орда. Духом романского стиля овеяна въездная брама, построенная

примерно в середине XIX века в романо-готических формах, которые перекликаются с обликом дворца в Коссово. С левой стороны к ней примыкает небольшая сторожка-кардегардия с зубчатым парапетом. Ощущение рыцарства, таинства овеяны очертания этой удивительной архитектуры. Не перестаёшь удивляться мастерству зодчих прошлых столетий, сумевших сохранять естественную среду в сложных архитектурных ансамблях.

Вероятно, подобная традиция охраны окружающего ландшафта позволила сохранить на территории Березовского района ещё одну заповедную природную зону – Споровский биологический заказник. Он был образован в 1991 году в целях сохранения биоразнообразия уникальных болот 17 ноября 1999 г. и имеет международный статус. Весь водно-болотный комплекс обеспечивает благоприятные условия для сохранения целого ряда редких и уникальных видов растений и животных.

Контрастом природному разнообразию и равновесию является промышленный город Белоозёрск, расположенный между тремя озёрами Белое, Черное и Споровское. Он был основан в 1958 г. как посёлок энергетиков в связи со строительством Березовской ГРЭС, которая начала возводиться в 1958 г., а уже в феврале 1961 г. началось сооружение надземной части главного корпуса с монтажом технологического оборудования. Первый блок введен в промышленную эксплуатацию в декабре 1961 г., а шестой – в сентябре 1967 г.

Несмотря на сложную историю, полную войн и разрушений, многие архитектурные ценности Беларуси сохранились, в частности и историко-архитектурные памятники Березовского района. Данный туристический маршрут в дальнейшем будет уточнён и разработан более тщательно. Будут созданы новые туристические карты Березовщины и проекты по восстановлению некоторых историко-архитектурных памятников.

Список цитированных источников

1. Свод памятников истории и культуры Белоруссии. Брестская область. – Минск: Белорусская Советская энциклопедия имени Петруся Бровки, 1990. – № 89. – С.111–129.

2. Чантурия, В.А. История архитектуры Белоруссии. – Минск: Вышэйшая школа, 1977. – С. 192–193.

УДК 625.855.3:502.174

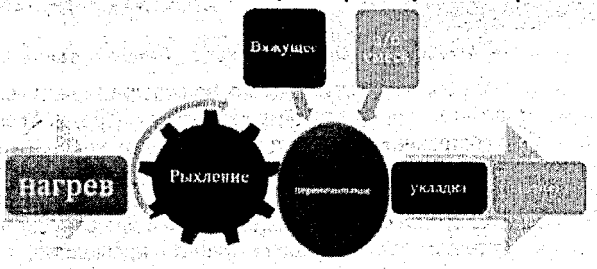
Козловский Д.С.

Научный руководитель: к.т.н., профессор Шведовский П.В.

РЕГЕНЕРАЦИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПО ГОРЯЧЕЙ ТЕХНОЛОГИИ

I. Технология регенерации дорожного (асфальтобетонного) покрытия на месте.

Технологический цикл горячей регенерации покрытия



1. Введение

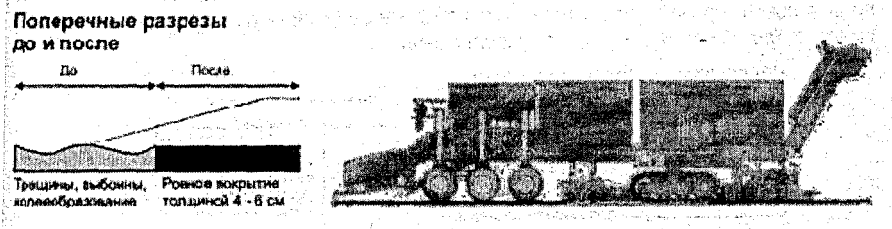
Технология регенерации асфальтобетонного покрытия на месте заключается в следующем: комплексом передвижного оборудования в составе нагревателей и ремиксера

роизводится нагрев старого асфальтового покрытия, его фрезерование (рыхление), обавляются битум или восстанавливающий реагент и/или новая горячая асфальтобе-онная смесь, осуществляется их смешивание и укладка гомогенной смеси на дорожное снование за один проход. Одновременно поверх наложенной регенерированной смеси озможна укладка дополнительного слоя износа покрытия. Затем производится оконча-ельное уплотнение дорожными катками.

2. Виды регенерации дорожного покрытия

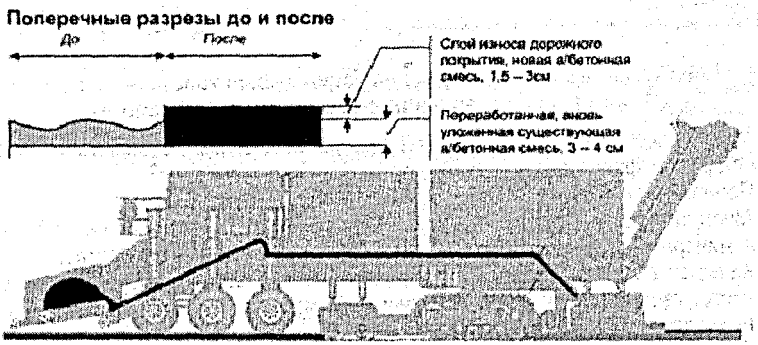
2.1. Термопрофилирование

Термопрофилирование – это перепрофилирующий процесс, при котором старое асфальтобетонное покрытие нагревают, разрыхляют, перемешивают, укладывают и уплотняют. При этом не происходит ни укладка новой асфальтобетонной смеси, ни добавление вяжущего/восстанавливающего реагента. Данный способ применим для участков дорог с небольшой интенсивностью.



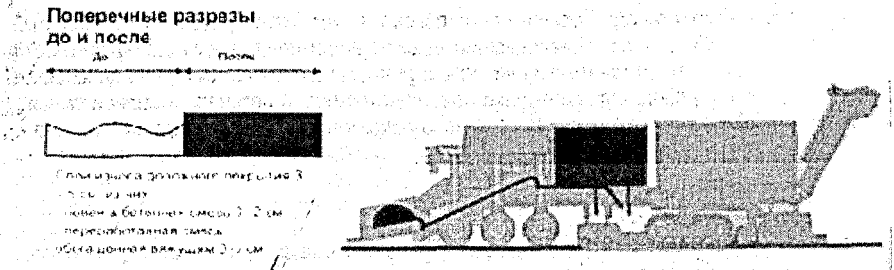
2.2. Термоукладка

Термоукладка – это перепрофилирующий процесс, при котором старое асфальтобетонное покрытие нагревают, разрыхляют, перемешивают, укладывают, затем укладывают новую горячую смесь асфальтоукладчиком за один проход и уплотняют оба слоя одновременно. При этом производят добавление вяжущего/восстанавливающего реагента.



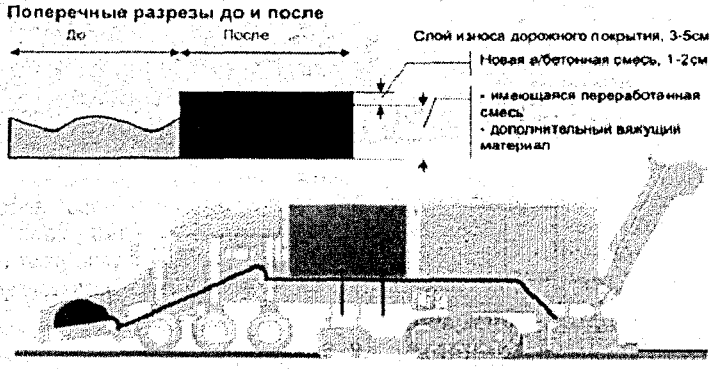
2.3. Термосмешивание (Remix)

Термосмешивание (Remix) – это процесс, при котором старое асфальтобетонное покрытие нагревают, разрыхляют, перемешивают с новой горячей асфальтобетонной смесью и/или горячим битумом или восстанавливающим реагентом, регенерируемую смесь укладывают и уплотняют. При этом происходит добавление новой асфальтобетонной смеси и/или битума и их перемешивание с материалом фрезерованного старого покрытия.



2.4. Термосмешивание с укладкой нового слоя (Remix+)

Термосмешивание с укладкой нового слоя (Remix+) – это процесс, при котором старое асфальтобетонное покрытие нагревают, разрыхляют, перемешивают с горячим битумом или восстанавливающим реагентом и укладывают. Одновременно происходит подача новой горячей асфальтобетонной смеси и ее укладка поверх регенерированной смеси, затем оба слоя уплотняют одновременно.



Преимущества технологии регенерации асфальтобетонного покрытия на месте по сравнению с традиционной технологией

1. Экологическая выгода: вторичной переработке и использованию подвергаются 100% старого асфальтобетонного покрытия.

2. Полная регенерация за один рабочий проход.

3. Многосторонние возможности улучшения смеси достигаются путем добавки новой смеси, минерального материала, вяжущего или регенерирующего средства.

4. Качество работ: качество регенерированной асфальтобетонной смеси соответствует качеству свежей смеси; для сохранения свойств нижнего слоя возможна укладка поверх него слоя износа.

5. Ликвидация трещин в нижележащих слоях.

6. Значительное снижение сроков работ: высокая производительность оборудования позволяет снизить в разы сроки работ.

7. Повышение безопасности дорожного движения при выполнении работ: оборудованием занята только одна полоса движения, остальные остаются свободными для движения транспорта, спустя 1-2 часа после окончания работ движение может быть опять организовано по всей ширине дороги.

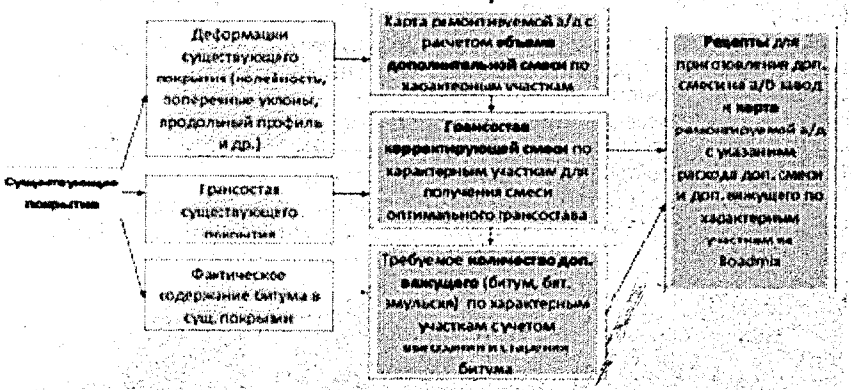
8. Экономическая эффективность от внедрения технологии составляет до 30% сметной стоимости работ: экономия материалов, составляющих асфальтобетонную смесь, так как используется старый асфальтобетон, а также экономия ГСМ, трудозатрат на приготовление новой смеси.

9. Продление сроков между капитальными ремонтами покрытия.

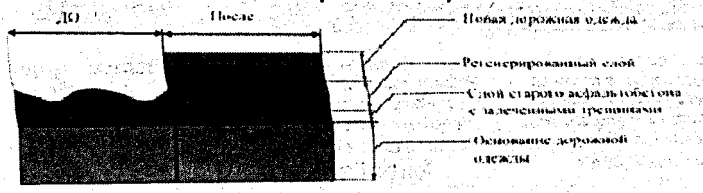
Применение горячей регенерации

№	Вид деформации	Применимость (min 0...max 3)			
		Термо-профилирование	Термо-укладка	Термо-смешение	Термо-смешение+
1	Колейность	2	3	3	3
2	Сетки трещин	0	2	2	3
3	Продольные и поперечные трещины	2	3	2	3
4	Выпотевание битума	0	3	2	3
5	Выкрашивание а/б	0	2	2	3
6	Неровность покрытия	2	2	2	2
7	Скользкость (низкий коэффициент сцепления)	0	3	2	3
8	Водонасыщение земляного полотна	2	3	3	3
9	Ухабы, выбоины	1	3	2	3
10	Низкий модуль упругости на поверхности	1	3	2	3

Подготовительные работы



Капитальный ремонт покрытия



II. Технология ремиксерной стабилизации оснований дорожной одежды на месте.

Технология ремиксерной стабилизации основания заключается в следующем: комплексом передвижного оборудования в составе нагревателей и ремиксера (ремиксерного стабилизатора) производится нагрев старого асфальтового покрытия, его фрезерование (рыхление) с захватом верхнего слоя существующего основания, добавляется вяжущее (вспененный битум, эмульсия, цемент), каменный материал (щебень, гравий, асфальтогранулят), осуществляется смешивание материалов и укладка смеси на существующее основание за один проход. Затем производится окончательное уплотнение дорожными катками.

Виды ремиксерной стабилизации основания дорожных одежд

1. Стабилизация вспененным битумом с добавлением щебня (гравия)

Это процесс, при котором нагревается существующее асфальтобетонное (или гравийное) покрытие, фрезеруется, добавляется вспененный битум, щебень (гравий), перемешивается и снова укладывается за один проход, затем уплотняется дорожными катками. При значительной интенсивности движения транспорта устраиваются дополнительные слои асфальтобетонного покрытия (по расчету).

2. Стабилизация битумной эмульсией с добавлением щебня (гравия)

Это процесс, при котором нагревается существующее асфальтобетонное (или гравийное) покрытие (не более 50°), добавляется битумная эмульсия, щебень (гравий) по расчету, перемешивается и укладывается с соблюдением продольного и поперечного профиля за один проход, затем уплотняется дорожными катками. При значительной интенсивности движения транспорта устраиваются дополнительные слои асфальтобетонного покрытия (по расчету).

3. Стабилизация комплексным вяжущим (эмульсия+цемент) с добавлением щебня (гравия)

Это процесс, при котором нагревается существующее асфальтобетонное (или гравийное) покрытие, фрезеруется, добавляется битумная эмульсия, щебень (гравий), смешанный с цементом (по расчету), перемешивается и укладывается с соблюдением продольного и поперечного профиля за один проход, затем уплотняется дорожными катками. При значительной интенсивности движения транспорта устраиваются дополнительные слои асфальтобетонного покрытия (по расчету).

Примечание: перед началом процесса проводится исследование существующей дорожной одежды, составляется маршрутная карта с указанием объемов добавок на конкретных участках.



Общий вид работы комплекса оборудования в составе тягача, нагревателя Ecoheater, автосамосвала с асфальтобетонной смесью, ремиксера Roadmix 4500AB



Разогрев старого асфальтобетонного покрытия, фрезерование, выгрузка новой горячей асфальтобетонной смеси в приемный бункер Роудмикса



Укладка переработанной смеси Роудмиксом

УДК 625.762.1:625.852
Козловский Д.С.
Научный руководитель: к.т.н., профессор Шведовский П.В.

ТЕХНОЛОГИЯ ЯМОЧНОГО РЕМОНТА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГОРЯЧИХ ЛИТЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Вопрос о ремонте покрытий с помощью литого асфальта, известного еще с 1914 г., возникает довольно часто. Литой асфальт – горячая смесь тестообразной консистенции, в которой важнейшим компонентом является мастика, состоящая из высоковязкого твердого битума, большого количества минерального порошка и песка (иногда мелкого щебня). Литой асфальт может содержать до 13% битума и до 30–35% минерального порошка, что делает его значительно дороже традиционных асфальтобетонных смесей. К тому же температура его приготовления и укладки должна быть достаточно высокой (220–250°С).

Весь процесс ямочного ремонта можно условно разделить на 7 этапов:

Этап 1. Определение потребности в машинах, инструментах и приспособлениях. Установка технических средств организации движения. Очистка и разметка карта.

Этап 2. Вырубка, отжиг или фрезерование поврежденного места покрытия с очисткой от отходов и отгрузкой в самосвал. В осенне-зимнее время производится смазка стенок и дна выбоины жидким битумом. Используются: компрессор, асфальторазогреватель, самоходные или прицепные фрезы, передвижной битумный котел.

Этап 3. Доставка самосвалом и складирование черного щебня с последующим втапливанием его в горячее покрытие на карте.

Этап 4, 5, 6. Укладка литой смеси и разравнивание ее вручную. Россыпь черного щебня по горячему покрытию карты. Охлаждение отремонтированного покрытия (в летнее время). Сметание невтопившегося щебня. Используются: термос-миксер, поливомоечная машина и ручные инструменты.

Этап 7. Снятие технических средств организации движения.

Далее рассмотрим их подробнее.

Этап 1.Подготовительные работы.

Началом работ считается установка на проезжей части первого ограждающего средства, изменяющего направление дорожного движения. К выполнению ремонтных работ разрешается приступить после полного обустройства места производства работ всеми необходимыми дорожными знаками и ограждениями. Для изменения направления движения транспорта при объезде ремонтируемого участка, а также при переводе движения с одной полосы проезжей части дороги на другую следует использовать стойки, вехи, направляющие конусы и барьеры. В этом случае ограждающие устройства и дорожные знаки следует устанавливать таким образом, чтобы образовалась плавная направляющая линия.

Перед заделкой выбоин производят очистку ремонтируемого места от пыли и грязи механическими щетками и сжатым воздухом. Контуры выбоины размечают с помощью натертого мелом шнура прямыми линиями, параллельными и перпендикулярными оси дороги, с захватом неповрежденной части покрытия на ширину 2-4 см. Несколько небольших выбоин, находящихся рядом, объединяют в одну общую карту.

Поврежденный участок обрубают по намеченному контуру отбойными молотками, а при наличии асфальтофрезерных машин фрезеруют на глубину 40-50 мм и убирают материал старого покрытия. При проведении работ при отрицательной температуре воздуха (до -10°С) ремонтная карта должна иметь площадь не более 1 м², быть тщательно очищена от льда, снега, пескосоляного наноса и просушена, а дно и стенки ее – обрабо-

таны горячим битумом из расчета 0,6-0,9 л/м². При этом обработка должна быть произведена не ранее, чем за час до укладки литой асфальтобетонной смеси.

Этап 3. Доставка и складирование черного щебня.

Данную операцию выполняют с целью последующего втапливания черного щебня в поверхность свежеуложенной смеси для обеспечения требуемой шероховатости отремонтированного участка покрытия. Втапливание черного щебня производят на картах площадью более 3 м². Черный щебень привозят в автосамосвале и, если позволяют условия, небольшими порциями выгружают в непосредственной близости от подготовленных карт. При отсутствии таких условий весь черный щебень складируют в одном месте, а к ремонтируемой карте подвозят погрузчиком или тачкой.

Этап 4. Укладка литой смеси (загрузка транспортного средства на АБЗ, перевозка, распределение, окончательная планировка).

Перед загрузкой термоса-миксера смесью необходимо зажечь форсунки, нагреть емкость термоса-миксера до 120-140°С и только после этого включить мешалку. Крышка загрузочного отверстия должна быть открыта не ранее, чем за 5 минут до загрузки термоса-миксера. Общее время перемешивания смеси в термосе-миксере должно быть не менее 20 минут. В процессе транспортирования смесь должна непрерывно перемешиваться, а ее температура поддерживаться на уровне 200-220°С.

При проведении работ необходимо соблюдать следующие правила:

литая смесь должна иметь температуру не ниже 200°С, а укладываемый слой – толщину не менее 40 мм. При заливке глубоких выбоин (глубиной до 150 мм) и площадью менее 1 м² допускается укладка смеси на всю глубину в один слой. При отрицательной температуре воздуха (до -10°С) литая смесь должна иметь температуру не ниже 220°С, и ее укладку следует производить в безветренную погоду или при слабом ветре.

Ремонт широких карт (шириной более двух метров) ведут полосами. С этой целью в продольном направлении устанавливают упорные деревянные брусья или металлические трубы прямоугольного сечения, после заливки полосы снимают и переставляют для заливки следующей полосы. Высота брусьев должна соответствовать толщине укладываемого слоя.

Поперечные сопряжения полос должны быть перпендикулярны оси дороги. Обнаруженные на покрытии дефекты, особенно в местах примыкания к краям карт, исправляют с помощью утюга и ручной трамбовки.

Процесс укладки протекает следующим образом:

термос-миксер по огороженной транспортной полосе перемещается по ходу движения и занимает положение над подготовленной картой;

рабочий-оператор при помощи штурвала открывает заслонку термоса-миксера и смесь по лотку сливается в ремонтируемую карту. Открывая или закрывая заслонку, рабочий-оператор регулирует подачу смеси в карту. После прекращения подачи смеси из термоса-миксера водитель включает гидроподъемник. Термос-миксер наклоняется на угол до 15-20°, и остатки литой смеси сливаются в карту. После опорожнения термоса-миксера рабочий-оператор, оставляя его в наклонном положении, отключает мешалку и специальным скребком тщательно зачищает дно термоса-миксера и поворотный лоток;

рабочий-асфальтобетонщик, поворачивая лоток, производит распределение смеси по карте. Для получения ровной поверхности на одном уровне с существующим покрытием разравнивание литой смеси и планировка поверхности ведутся при помощи деревянной или металлической гладилки;

укладку смеси на уклонах от 30‰ до 50‰ ведут в карты площадью до 3 м², перемещая смесь сверху вниз, с тем, чтобы предотвратить отекание смеси за пределы ремонтируемой карты, а также следя за выдачей смеси малыми порциями и за ее тщательным

распределением по карте. В целях предотвращения стекания смеси на уклонах производят также втапливание черного щебня из расчета 16-20 кг/м².

При производстве работ навстречу движения транспорта необходимо принимать дополнительные меры для обеспечения безопасности работ и движения транспорта. Термос-миксер должен работать с зажженными фарами и мигалкой, а впереди, не менее, чем за 10 м от машины, должен быть установлен предупредительный знак и место работ ограждено.

Этап 5. Распределение и втапливание черного щебня.

Операцию производят на картах площадью более 3 м² сразу после укладки литой смеси. С этой целью специально обученный дорожный рабочий совковой лопатой разбрасывает рассевом в одну щебенку черный щебень из расчета 6-3 кг/м². Под собственной массой щебень втапливается в покрытие и закрепляется в нем. Невтопившийся щебень затем сметается и собирается для повторного использования.

Этап 6. Охлаждение отремонтированного участка покрытия.

Для ускорения ввода в эксплуатацию отремонтированной площади производят искусственное орошение поверхности холодной водой, используя для этой цели поливомоечную машину.

Этап 7. Снятие технических средств организации движения.

По достижении покрытием температуры наружного воздуха технические средства организации движения снимают и открывают движение автомобильного транспорта. Открытие движения транспорта по неостывшему покрытию категорически запрещается.

УДК 624.011.1

Коршун А.Ю.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Захаркевич И.Ф.

АНАЛИЗ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВИСЯЧИХ ДЕРЕВЯННЫХ СТРОПИЛ

Введение

В современном строительстве широкое распространение получают скатные крыши с применением наслонных и висячих деревянных стропил. Висячие стропила пролетами до 12 м применяются в зданиях без средних опор (стен или колонн) с опиранием на наружные стены. Основными элементами висячих стропил являются стропильные ноги и затяжки.

Уклон кровли составляет i = 0,5 - 1,0 (α = 25° - 45°) что соответствует отношению $h/l = \frac{1}{4} - \frac{1}{2}$.

В соответствии с [1] расчетная схема висячих стропил представлена на рис. 1.

С точки зрения статики такая система является геометрически неизменяемой и статически определимой.

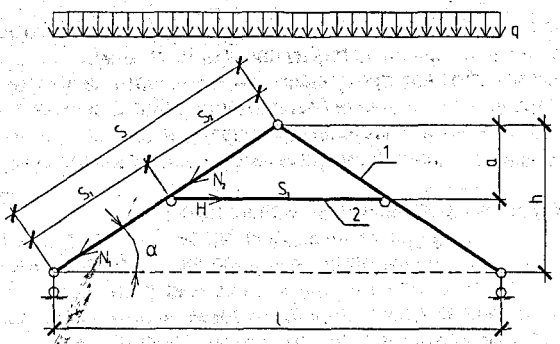
В [1] приведены формулы для определения усилий в элементах при действии равномерно-распределенной нагрузки на горизонтальную проекцию стропил (с оговоркой, что это приближенные формулы).

Опорные реакции:

$$A = B = \frac{q \cdot l}{2}. \quad (1)$$

Изгибающий момент в стропильной ноге в месте примыкания затяжке:

$$M_c = \frac{q \cdot l^2}{8} \cdot \left(\frac{h^2 - a^2}{h^2}\right). \quad (2)$$



1 – стропильная нога, 2 – затяжка

l – пролет системы; a – расстояние от конька до затяжки; S – общая длина стропильной ноги; S_1 – длина нижнего участка стропильной ноги (от опоры до затяжки); S_2 – длина верхнего участка стропильной ноги (от затяжки до конька); S_3 – длина затяжки

Рисунок 1 – Расчетная схема висячих стропил

Продольное усилие в затяжке:

$$H = \frac{q \cdot l^2}{8 \cdot a}. \quad (3)$$

Продольное усилие на нижнем участке стропильной ноги:

$$N_1 = \frac{q \cdot l}{2} \cdot \frac{S}{h}. \quad (4)$$

Продольное усилие на верхнем участке стропильной ноги:

$$N_2 = \frac{q \cdot l}{4} \cdot \frac{S}{a}. \quad (5)$$

Целью данной работы было намечено решение следующих задач:

1) установить достоверность приведенных выше формул;

2) установить зависимость напряженного состояния элементов системы от следующих факторов:

- от расположения затяжки по высоте системы;
- от угла наклона стропильных ног;
- от способа закрепления опор.

Для установления достоверности приведенных формул выполнен тестовой пример для схемы стропил на рис. 1 при следующих данных *l = 9 м, a = 1,5 м, h = 3 м, q = 1,5 кН/м.*

Расчет выполнялся с использованием программы "SIRIUS". Результаты расчета приведены на рисунке 2.

В результате анализа полученных данных (табл. 1) были уточнены некоторые выше приведенные формулы:

в формуле (4) вместо $N_1 = \frac{q \cdot l}{2} \cdot \frac{S}{h}$ – должно быть $N_1 = \frac{q \cdot l}{2} \cdot \frac{h}{S}$;

в формуле (5) вместо $N_2 = \frac{q \cdot l}{4} \cdot \frac{S}{a}$ – должно быть $N_2 = \frac{q \cdot l}{2} \cdot (\frac{S}{2 \cdot a} - \frac{a}{S})$.

Следует отметить, что продольные усилия по приближенным формулам (4) и (5) в значительной степени завышались. Так:

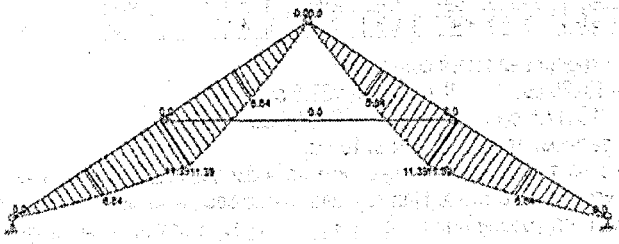
N_1 – в 3,25 раза (вместо 3,74 – 12,17 кН);

N_2 – в 1,04-1,64 раза (вместо 10,3–12,17 кН, вместо 4,6–7,6 кН).

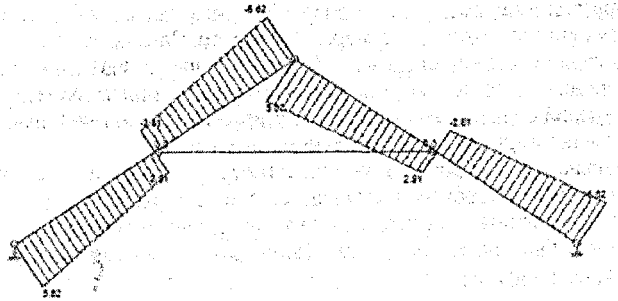
1. Напряженное состояние элементов системы в зависимости от расположения затяжки по высоте.

Для это были выполнены статические расчеты системы и определены усилия в элементах при следующих данных: равномерно распределенная нагрузка на горизонтальную поверхность $q = 1,5$ *кН/м*, пролет $l = 9$ *м* высота системы $h = \frac{1}{3} \cdot l = 3м$, $S = 5,408$ *м*.

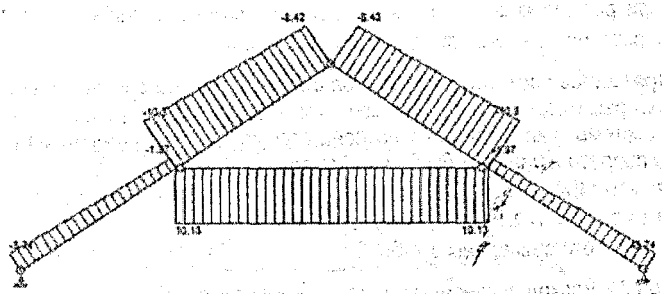
а)



б)



в)



а) эпюра моментов М, кНм; б) эпюра поперечных сил Q, кН; в) эпюра продольных сил N, кН

Рисунок 2 – Эпюры расчетных усилий в элементах системы

Пролёт и высота системы были приняты постоянными, варьировалось отношение $a / h = 0,3 - 1,0$.

По результатам расчета были определены усилия и подобраны сечения элементов. В качестве материала была принята древесина – сосна 1 сорта с расчетным сопротивлением в соответствии с [2] $f_{c.o.d} = 14,7 МПа$.

Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Усилия в элементах и расход древесины по расчетной схеме (рис. 1).

Схема	a/h	a, м	S_1, м	S_2, м	S_3, м	M, кН·м	N_1, кН	N_2, кН	H, кН	$V_{древ}$, м³	Разница V по сравн. со схемой II, %
I	0,3	0,9	3,79	1,62	2,7	13,8	3,74	19,5	16,86	0,2835	+6,9
II	0,5	1,5	2,705	2,705	4,5	11,39	3,74	10,3	10,12	0,265	-
III	0,8	2,4	1,08	4,33	7,2	5,83	3,74	4,6	6,33	0,225	-1,5
IV	1,0	3,0	$S = 5,408$		9,0	3,8	3,74	-	5,06	0,234	-12

Сечение стропильной ноги составило:

I схема – 10x25 *см;* II хема – 10x22,5 *см;*

III схема –10x17,5 *см;* IV схема –10x17,5 *см.*

Сечение затяжки для всех схем 5x10 *см.*

Как видно из таблицы, со снижением затяжки уменьшается величина изгибающего момента и усилия в затяжке. Наименьший изгибающий момент возникает при расположении затяжки на уровне опор, т.е. при $a = h$. В этом случае исходя из условия прочности достаточно сечение стропильной ноги 10x15 *см* однако прогиб стропильной ноги, в связи с отсутствием промежуточной опоры (затяжки), превышает допустимое значение, поэтому сечение увеличено до размеров 10x17,5 *см*. Сечение стропильной ноги определялось как сжато-изгибаемый элемент. При этом было установлено, что основное влияние на напряженное состояние стропильных ног оказывает изгибающий момент. Величина напряжений от действия продольных усилий составляет не более 1-2% от расчетного сопротивления древесины, для схемы IV – 5,6%.

Максимальное усилие растяжения для затяжки составило 16,86 кН для схемы I. Исходя из этого усилия, требуемая площадь сечения составляет 16 см². Поскольку в соответствии с требованиями [2] площадь сечения деревянных элементов несущих конструкций должна быть не менее 50 см², было принято сечение затяжки для всех схем $b \times h = 5 \times 10\ см. (A = 50\ см^2)$.

Сопоставление расхода древесины в табл. 1 выполнено по сравнению со схемой II, т.к. она при расположении затяжки на половине высоты стропил $(a/h = 0,5)$ является наиболее распространенной при устройстве стропил.

2. Напряженное состояние элементов системы в зависимости от наклона стропил

По вышерассмотренной статической схеме были рассмотрены три варианта стропильной системы зависимости от наклона стропил и расположения затяжки. При этом величина пролета и нагрузки была принята постоянной $l = 9м$, $q = 1,5кН/м$. Схема II – 1, $h/l = 1/2; 1/3; 1/4; a/h = 0,5$

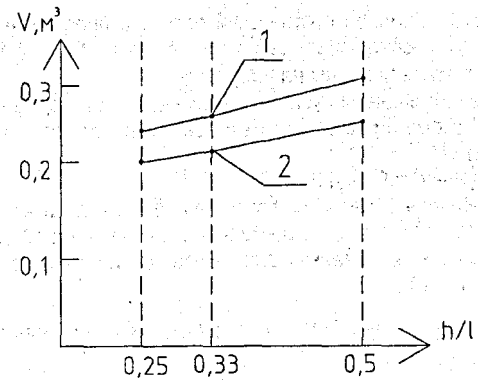
Схема I – 2, $h/l = 1/2; 1/3; 1/4; a/h = 0,8$

Данные расчета приведены в табл. 2

Таблица 2 – Расход древесины на стропильную систему

h/l	h, м	a/h			a/h		
		a,м	сечение, см	V, м³	a,м	сечение, см	V, м³
1/2	4,5	2,25	10 × 22,5	0,308	3,6	10×17,5	0,258
1/3	3,0	1,5	10 × 22,5	0,265	2,4	10×17,5	0,225
1/4	2,25	1,125	10 × 22,5	0,248	1,8	10×17,5	0,212

Графическая зависимость расхода древесины на стропильную систему в зависимости от отношения h/l приведена на рисунке 3.



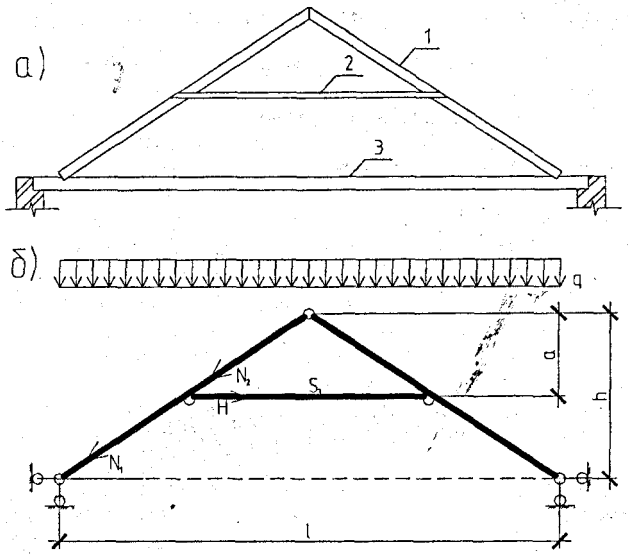
1 – при $a/h = 0{,}5$, 2 – при $a/h = 0{,}8$

Рисунок 3 – Расход древесины на стропильную систему

3. Напряженное состояние элементов стропильной системы в зависимости от способа закрепления опор

В практике строительства часто применяется конструктивное решение с опиранием стропил на балки чердачного перекрытия (рис. 4 а).

В этом случае балка играет роль второй затяжки на уровне опор. При таком решении расчетную схему системы можно представить с неподвижными опорами как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении (рис. 4 б).



а – общий вид; б – расчетная схема

1 – стропильная нога, 2 – затяжка, 3 – балка чердачного перекрытия

Рисунок 4 – Висячие стропила с опиранием на балку

Для такой схемы выполнен статический расчет в программе "SIRIUS" и подобраны сечения элементов при следующих данных: *l = 9 м, a = 1,5 м, h = 3 м, q = 1,5 кН/м.*

Результаты расчета приведены на рисунке 5.

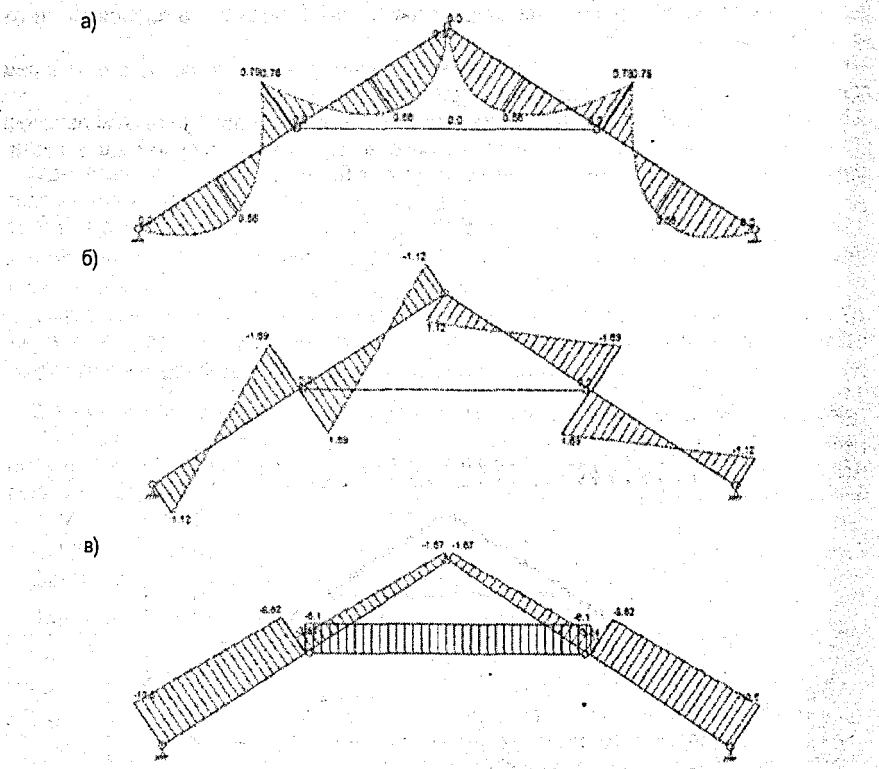
Были сопоставлены значения усилий в элементах и расход древесины в стропилах по данной расчетной схеме и расчетной схеме без закрепления опор в горизонтальном направлении (рис. 1).

Данные приведены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, расчетные усилия в элементах стропильной системы при горизонтальном закреплении опор существенно меньше, чем при отсутствии таких закреплений, а расход древесины уменьшается более чем на 50%. Сечение стропильной ноги составляет $b \times h = 10 \times 10 см$.

Таблица 3 – Усилия в элементах и расход древесины в стропильной системе.

Расчетная схема	M, $кН \cdot м$	N_1, $кН$	N_2, $кН$	H, $кН$	$V_{древ}$, $м^3$	Разница $V_{др}$, по сравн. со схемой рис.1,%
Рис.1	11,39	3,74	10,3	10,12	0,265	-
Рис.4	0,73	10,47	3,5	8,04	0,13	- 50,9



а – значения изгибающих моментов; б – значения поперечных сил; в – значения продольных сил

Рисунок 5 – Результаты статического расчета висячих стропил по схеме 4 б.

Выводы по работе

В результате выполненных расчетов и анализа полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. Расположение затяжки по высоте стропил влияет на напряженное состояние элементов и, следовательно, на расход древесины. Располагать затяжку целесообразно на расстоянии от конька a/h = 0,5 - 0,8. Наименьший расход древесины при a/h = 0,8.

2. Сечение элементов стропил не зависит от угла наклона стропил при одинаковой нагрузке, поскольку напряжения от продольной силы в стропильной ноге незначительны по сравнению с напряжением от изгибающего момента. А величина изгибающего момента при одинаковой нагрузке на горизонтальную поверхность стропил не зависит от угла наклона стропил.

3. При опирании стропил на балки чердачного перекрытия в расчетной схеме необходимо учитывать неподвижные горизонтальные опоры, что соответствует реальной работе стропильной системы и приводит к существенной экономии древесины.

Список цитированных источников

1. Отрешко, А.И. Деревянные конструкции: Справочник проектировщика / А.И. Отрешко. – М.: Стройиздат, 1957. – 262 с.

2. Деревянные конструкции. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-5.05-146-2009(02250). – Введ. 01.01.2010. – Мн.: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь 2009. – 63 с. *Технический кодекс установившейся практики.*

УДК 693.9

Кредько В.А.

Научный руководитель: к.т.н., профессор Черноиван В.Н.

ЭФФЕКТИВНАЯ СТЕНОВАЯ ПАНЕЛЬ С ГЕРМЕТИЧНЫМ РЕШЕНИЕМ СТЫКОВ

Конструкция крупнопанельного бескаркасного здания, основанная на принципе совместной пространственной работы всех его элементов, совмещение в элементах стен несущих и ограждающих функций, сравнительно небольшое количество типоразмеров конструктивных элементов, простота технологии монтажа таких зданий способствовали тому, что с начала семидесятых годов XX века панельное домостроение обеспечивало основные объемы жилищного строительства в СССР.

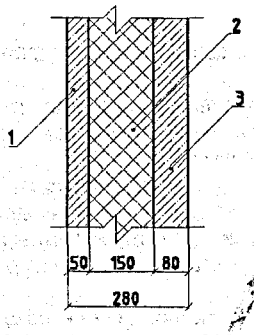
На сегодня основным конструктивным решением стеновых панелей, используемых в качестве наружного ограждения, являются многослойные конструкции заводского изготовления. Состоят они из двух бетонных слоев, между которыми на гибких связях закреплен слой теплоизоляции – плитный пенополистирол.

Конструктивное решение наружных стеновых панелей, выпускаемых на Брестском КПД, с учетом требований действующих нормативных документов [1] приведено на рис. 1.

Масса 1 м^2 наружного ограждения такой стеновой панели около 430 кг. Расход бетона на 1 м^2 панели – 0,17 м^3. Затраты труда на установку в проектное положение наружных стеновых панелей заводского изготовления для жилых зданий составляют 0,5...0,6 чел.-ч. на 1 м^2.

Основным эксплуатационным недостатком наружного стенового ограждения крупнопанельного бескаркасного здания, выполненного из многослойных сборных железобетонных панелей заводского изготовления, являются стыки.

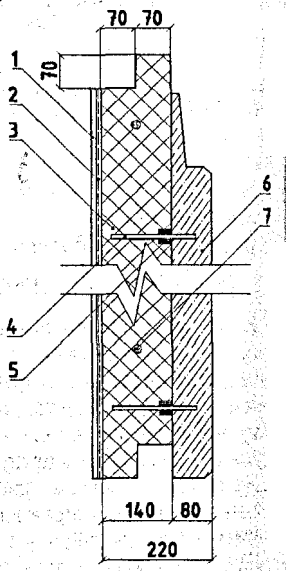
Заделка стыков на сегодня – это трудоемкий технологический процесс, включающий в себя: конопатку, зачеканку, теплоизоляцию и расшивку швов. Все технологические операции выполняются вручную. Работы ведутся на высоте, как правило, со струнных под-



мостей. Высокая трудоемкость работ по заделке стыков, низкие эксплуатационные характеристики применяемых материалов (срок службы 6...8 лет), влияние метеорологических воздействий на качество работ и продолжительность их выполнения резко снижают эксплуатационную эффективность панельных зданий.

1 – самонесущий (облицовочный) бетонный слой;
2 – теплоизоляционный слой (пенополистирол);
3 – несущий бетонный слой
Рисунок 1 – Конструктивное решение многослойной стеновой панели

Выполненная оценка технологичности и эффективности эксплуатационных характеристик конструктивных решений многослойных наружных стеновых панелей рекомендуемых к массовому применению в РБ, а также результаты исследований [2...5] позволили разработать конструкцию эффективной стеновой панели с герметичным решением стыков. Отличительной особенностью предлагаемой конструкции стеновой панели, от массово применяемых конструктивных решений, является четкое разграничение функций между *несущим элементом (бетонный несущий слой)*, термическое сопротивление теплопередачи которого не учитывается в расчетах, и *утеплителем*, который представляет собой теплоизоляционную *облицовочную плиту* [6] (рис. 2).



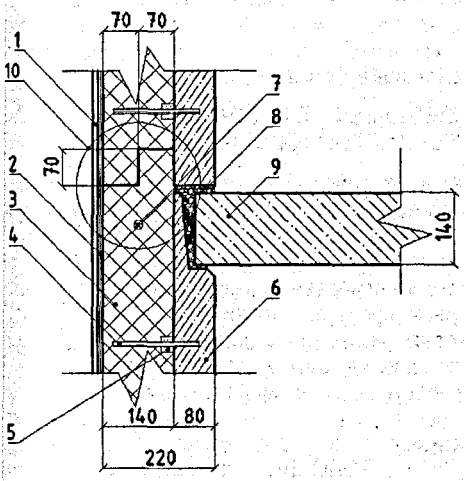
1 – декоративно-защитный слой;2 – армирующий слой (ССШ-160);3 – теплоизоляция из плитного утеплителя;
4 – стеклопластиковый анкер-кронштейн;5 – втулка;
6 – несущий слой из тяжелого бетона;7 – штифты соединения плитного утеплителя в блоки
Рисунок 2 – Конструктивное решение эффективной стеновой панели с герметичными стыками

Толщина несущего слоя конструкции стеновой панели согласно [8] принимается не менее 80 мм.

Теплоизоляционная облицовочная плита предназначена для обеспечения Rтр [6], а также выполняет функции защиты *несущего бетонного слоя* стеновой панели от атмосферных воздействий. Теплоизоляционная облицовочная плита представляет собой конструктивный элемент, изготовленный в заводских условиях из негорючих минераловатных плит «Фасад 15», выпускаемых ОАО «Гомельстройматериалы», с нанесенным на них декоративно-защитным слоем, аналогичным легкой штукатурной системе утепления.

Согласно выполненным расчетам с учетом требований [7], минимальная толщина теплоизоляционного слоя из минераловатных плит «Фасад 15» составляет 140 мм. Выполненные лабораторные исследования материла незащищенных от увлажнения минераловатных плит марки «Белтеп», прошедших экспонирование на открытом воздухе в течение 6 месяцев, показали, что их эксплуатационные теплотехнические характеристики практически не изменились [2].

Герметичность фасадного панельного стенового ограждения обеспечивается за счет того, что горизонтальные и вертикальные стыки теплоизоляционных облицовочных плит на фасаде здания решены соединением «фолдинг» (рисунок 3).



Следует отметить, что действующее на Брестском КПД технологическое оборудование позволяет организовать выпуск предлагаемой эффективной стеновой панели с герметичным решением стыков.

1 – декоративно-защитный слой;
2 – армирующий слой (ССШ-160);
3 – теплоизоляция из плитного утеплителя;
4 – стеклопластиковый анкер-кронштейн;
5 – втулка; 6 – бетонный несущий слой;
7 – штифты соединения плитного утеплителя в блоки; 8 – цементный раствор;
9 – железобетонная плита перекрытия;
10 – стык «фолдинг»

Рисунок 3 – Конструктивное решение стыка «фолдинг»

Заключение

Предлагаемое конструктивное решение эффективной стеновой панели с герметичным решением стыков позволяет:

1) снизить расход бетона на 1 м^2 конструкции более чем в 2 раза;

2) уменьшить массу 1 м^2 стеновой фасадной панели почти на 40%;

3) полностью исключить из технологического процесса монтажа наружного стенового ограждения следующие ручные технологические операции: конопатка, зачеканка и расшивка швов, что позволит снизить трудоемкость производства работ на 27 чел.-ч. на 100 м. шва стыка;

4) применение в теплоизоляционной облицовочной плите стеновой панели соединения «фолдинг» позволит обеспечить требуемое термическое сопротивление теплопередачи наружного стенового ограждения на весь срок эксплуатации панельного здания.

Список цитированных источников

1. Панели стеновые наружные бетонные и железобетонные для зданий и сооружений. Общие технические условия: СТБ 1185-99.

2. Черноиван, В.Н. К оценке влияния атмосферных воздействий на эксплуатационные характеристики плитных теплоизоляционных материалов / В.Н. Черноиван, Н.В. Черноиван // Вестник Брест. гос. тех. ун-та. – 2007. – №1: Строительство и архитектура. – С. 22–25.

3. Черноиван, В.Н. Конструктивное решение стыка плитного утеплителя, воспринимающего ветровые воздействия в системах доутепления // В.Н. Черноиван, Н.В. Черноиван // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2008 – №1 (49): Строительство и архитектура. – С. 116–120.

4. Черноиван, Н.В. Оценка влияния атмосферных воздействий на теплотехнические характеристики минераловатных плит «Белтеп» / В.Г. Новосельцев, Н.В. Черноиван [и др.] // Вестник БрГТУ. – 2008. – № 2 (50): Водохозяйственное строительство и теплотехника. – С. 16–19.

5. Черноиван, В.Н. К оценке звукоизоляции утепленных наружных стен эксплуатируемых панельных зданий / В.Н. Черноиван, Н.В. Черноиван // Вестник Белорусского Национального технического университета. – 2010. – №2. – С. 15–18.

6. Теплоизоляционная облицовочная стеновая панель: патент № 8892 РБ, МПК(2006.01) Е 04В 1/76 / В.Н. Черноиван, В.Г. Новосельцев, Н.В. Черноиван; заявитель: УО «БрГТУ».

7. Изменение №1 ТКП 45-2.04-43-2006(02250). Утверждено и введено в действие приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 29 декабря 2008 г. № 484.

8. Изменение №4 СТБ 1185-99. Утверждено и введено в действие постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 30 июня 2012 г. № 36.

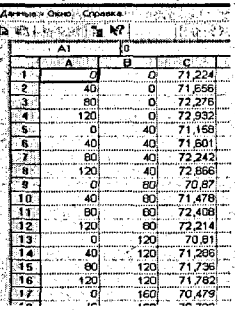
УДК 528.9:681.3
Куксин А.Н.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Кандыбо С.Н.

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММ SURFER И CREDO ТОПОПЛАН

Для цифрового моделирования рельефа и его анализа используются различные программные продукты, различающиеся по функциональным возможностям, области применения и цене. Модули мощных полнофункциональных ГИС (Spatial Analyst, 3D Analyst, ГИС-пакета ArcGIS (ESRI Inc.), Autodesk Map 3D системы AutoCAD (Autodesk Inc.) и др.) обладают самыми широкими возможностями по моделированию и анализу поверхностей. Узкоспециализированные программные продукты (например,Surfer (Golden Software Inc.) широко распространены благодаря низкой стоимости и включают функции создания ЦМР различными методами и построения на их основе тематических карт [1]. Отдельно нужно выделить программные продукты, ориентированные на создание цифровой модели местности (ситуации и рельефа) и выпуск топографических планов, входящих в программные комплексы автоматизированной обработки результатов инженерно-геодезических изысканий (например,CREDO ТОПОПЛАН, программного комплекса CREDO III).

Цель настоящей работы – построить ЦМР по результатам топографических съемок местности с использованием программы Surfer и CREDO ТОПОПЛАН; сравнить функциональные возможности данных программ; дать рекомендации о возможном применении программы Surfer в учебном процессе для построения топографических планов при изучении дисциплины «Инженерная геодезия». Исходные данные для выполнения работы: результаты нивелирования поверхности по квадратам (обработанный журнал нивелирования поверхности по квадратам); материалы тахеометрической съёмки в масштабе 1:2000 (журналы тахеометрической съемки и абрис).

Геоинформационная система Surfer 8 позволяет строить и визуализировать двумерные карты, которые математически описываются функцией вида z = f(x,y). Для цифрового моделирования рельефа программа использует регулярную модель высот Grid, т.е. представление цифровой модели значениями параметра в узлах регулярной сетки. Таким образом, построение сеточной функции (Gridding) заключается в создании регулярного массива значений Z – координат узловых точек по нерегулярному массиву *(X,Y,Z)* – координат исходных точек.



	A	B	C
1	0	0	71,224
2	40	0	71,556
3	80	0	72,276
4	120	0	72,932
5	0	40	71,168
6	40	40	71,601
7	80	40	72,242
8	120	40	72,866
9	0	80	70,87
10	40	80	71,476
11	80	80	72,408
12	120	80	72,214
13	0	120	70,81
14	40	120	71,206
15	80	120	71,736
16	120	120	71,782
17	0	160	70,479

Рисунок 1 – Исходные данные: координаты (X,Y,Z)

Методы построения сеточных функций, реализованные в пакете Surfer, можно разделить на два класса: интерполирующие (метод обратных расстояний (Inverse Distance to a Power), метод Криге (Kriging), метод Шепарда (Shepard's method), триангуляция с линейной интерполяцией (Triangulation with linear Interpolation) и др.) и сглаживающие (метод минимальной кривизны (Minimum Curvature), метод полиномиальной регрессии (Polynomial Regression) и др.) используются в тех случаях, когда экспериментальные данные известны в узлах сетки не точно.

Для построения ЦМР по результатам нивелирования поверхности по квадратам создаем файл с исходными данными (рис. 1) в формате .xls (в программе Surfer или с использованием Microsoft Exel). Программа по умолчанию воспринимает первый столбец (A) как координату X, второй (B) – как Y, а третий столбец (C) – как Z (высота точки). Для построения сеточной функции

выбираем метод Криге, представляющий собой метод локальной интерполяции, согласно которому значение Z(p) вычисляется как средневзвешенное известных значений Zi в ближайших точках. Изолинии (горизонтали), созданные в результате моделирования, совпадают с горизонталями на плане, полученными традиционным способом – линейной интерполяции по сторонам сетки квадратов. Оформления топографического плана (подписи горизонталей, вершин квадратов, масштаба) выполняют с помощью встроенных функций программы Surfer (рис. 2). Аналогично можно смоделировать рельеф по проектным отметкам (построить горизонтальную или наклонную площадку), а затем, используя функцию вычисления объема между двумя поверхностями (Calculatinn of Volume Between Two Surfaces), определить объем земляных работ. Моделируемую поверхность можно представить в виде 3D-модели, построить разрез (профиль) по заданному направлению, определить площади объектов [2].

При построении ЦМР были использованы и другие интерполирующие методы построения сеточных функций: методы Шепарда, триангуляция с линейной интерполяцией (рис.3.). Совмещение планов выявило расхождение горизонталей, полученных разными методами создания сеточных функций (рис.3). Таким образом, при построении топографических планов по результатам нивелирования поверхности по квадратам рекомендуется использовать метод Криге (с линейной моделью вариаграммы (*Linear*)). Такие же результаты дает метод радиальных базисных функций (Radial Basis Functions) с мультиквадратичной (Multiquadratic) базисной функцией.

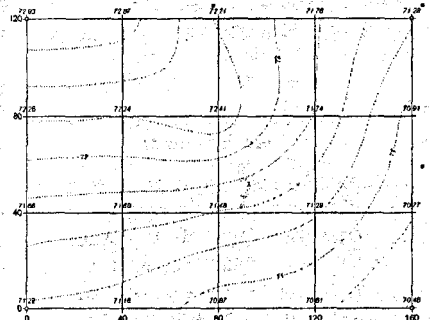


Рисунок 2 – Топографический план (фрагмент)

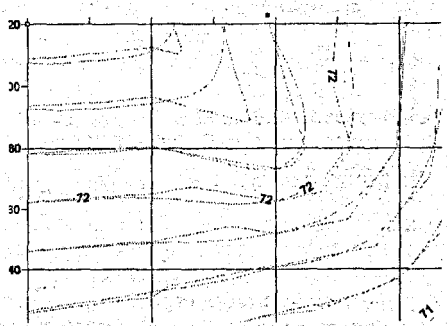


Рисунок 3 – Расхождение в горизонталях, полученных: с использованием метода Криге и триангуляция с линейной интерполяцией

Обработка результатов тахеометрической съемки (с трех станций) выполнена в программе Credo_Dat. Как известно, при выполнении тахеометрической съемки высотные пикеты выбирают во всех характерных точках рельефа, а контурные пикеты располагают с учетом отображения объектов и элементов ситуации местности в заданном масштабе. В этом случае, модель на нерегулярной сетке Triangulated Irregular Network), представляющая сеть треугольников с высотными отметками в узлах, позволяет наиболее точно смоделировать поверхность. Модель TIN (используется для цифрового моделирования рельефа в программе CREDO ТОПОПЛАН (рис. 4)). В программе реализованы широкие возможности интерактивного редактирования поверхности: перебросить ребро треугольника, пересоздать поверхность вдоль структурной линии, добавить (удалить треугольники) и др.

Для построения ЦМР по результатам тахеометрической съемки в программе Surfer был создан исходный файл формата .xls с координат точек (станций и всех пикетов) пу-

тем копирования данных из каталогов Credo_Dat в Microsoft Exel. Для построения сеточной функции использовали методы Криге, метод радиальных базисных функций и триангуляцию с линейной интерполяцией. В результате анализа результатов моделирования рельефа можно сделать следующие выводы: недостаток методов Криге и метода радиальных базисных функций – появление «краевого эффекта» (прямоугольной области моделирования), когда значения сеточных функций выходят за пределы интервала исходных данных (рис. 5).

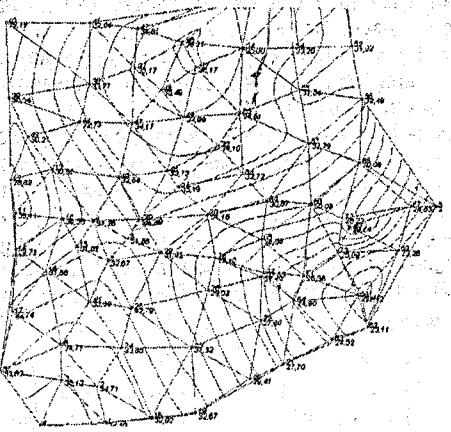


Рисунок 4 – Модель TIN и горизонтали в графическом окне CREDO ТОПОПЛАН

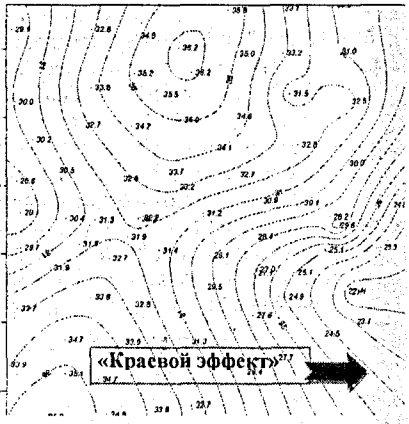


Рисунок 5 – Горизонтали в Surfer (метод Криге)

Недостаток метода триангуляции с линейной интерполяцией – некорректное построение горизонталей на «граничных» треугольниках (рис. 6) и трудоемкость «ручного» редактирования модели и горизонталей. Нельзя удалить (объединить) треугольники и автоматически перестроить горизонтали, необходимо выполнять редактирование локальной области модели высот Grid (бланкирование сеточного файла).

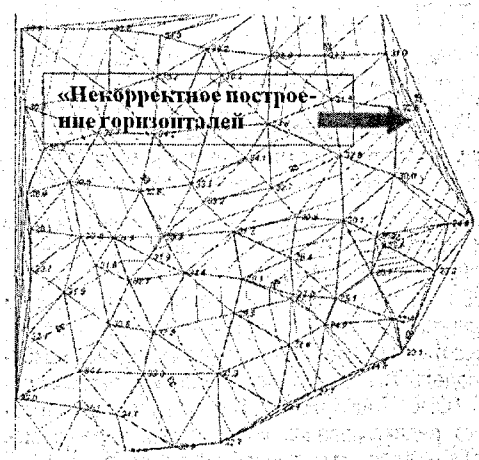


Рисунок 6 – Горизонтали в Surfer (метод триангуляции с линейной интерполяцией)

Таким образом, можно рекомендовать использование программы Surfer в учебном процессе при проведении лабораторных занятий и учебной геодезической практики по дисциплине «Инженерная геодезия» для создания топографических планов по результатам нивелирования поверхности по квадратам, проектирования наклонных площадок и вычисления объемов земляных работ.

Список цитированных источников
1. Хромых, В.В. Цифровые модели рельефа: учеб. пособие / В.В. Хромых, О.В. Хромых. – Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. – 178 с.
2. Силкин, К.Ю. Геоинформационная система Golden Software Surfer 8: учеб.-мет. пособие. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2008. – 66 с.

УДК 624.131.439
Курилович А.О.
Научный руководитель: доцент Дедок В.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДЕФОРМИРОВАНИЯ НАМЫВНЫХ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

В последние годы исследованиями, проводимыми в Беларуси и за рубежом, установлено, что структурно-текстурные особенности грунтов вызывают анизотропию их физико-механических свойств. В основном эта закономерность выявлена для большинства связных грунтов естественного сложения и обусловливается как особенностями взаимного расположения частиц, так и анизотропией напряжений в массиве. Сведения об анизотропии песчаных (несвязных) грунтов в литературе значительно меньше. Особого внимания в настоящее время, в связи с ростом объемов работ по намыву территорий и сооружений, заслуживает изучение анизотропии механических свойств намывных песчаных отложений как грунтов с микро- и макрослоистой структурой.

Раскладка частиц песчаного грунта по крупности в толще намытых оснований определяет его фильтрационные свойства. Проведенные исследования показали, что коэффициент анизотропии фильтрационных свойств, численно равный отношению величины коэффициента фильтрации в горизонтальном (продольном) направлении по пляжу намыва, к величине коэффициента фильтрации в вертикальном направлении больше единицы.

Исследования по установлению прочностной анизотропии намывных песчаных отложений проводились В.А.Филимоновым [1] и С.С.Садовским [2]. Эксперименты проводились в приборах одноплоскостного прямого среза при различных значениях угла наклона плоскости среза к слоистости отложений. Указанными исследованиями установлено, что прочностные характеристики намытых песчаных грунтов в нормальном, относительно слоистости, направлении выше, чем в направлении, параллельном слоистости.

Изучению изотропии деформативных свойств намытых песчаных грунтов посвящено ряд работ И.М. Набокова [3]. В этих работах И.М. Набоков приводит результаты определения модуля деформации намытых грунтов в полевых условиях, испытания проводились статистическими нагрузками в горизонтальных и вертикальных скважинах с площадью штампа F = 600 см². Исследованиями установлено, что в большинстве экспериментов модуль деформации в направлении параллельно слоистости отложений выше, чем в перпендикулярном направлении. Полученная экспериментально степень анизотропии намывных грунтов $n = E_2/E_1$ в пределах $0.6<n<4$.

Комплексных исследований по изучению механических свойств намывных песчаных грунтов (в зависимости от вида испытаний, конструкции прибора, условий нагружения грунта) до настоящего времени не проводилось. Автором, в лаборатории испытания грунтов Брестского государственного технического университета, на приборах одноосного и трёхосного сжатия, одноплоскостного сдвига, а также в полевых условиях, способом нагружения грунтов штампами, выполнены серии экспериментов.

Целью проведённых исследований явилось изучение изменения механических свойств намывных грунтов во времени, установление прочностной и деформационной

анизотропии, изучение влияния типа прибора, масштабного фактора, а также условий испытаний на полученные результаты.

В приборах одноосного сжатия испытывались образцы грунта с площадью А = 60 см² и А = 40 см², отношением диаметра образца к его высоте равным 1,75. В приборе трехосного сжатия испытываемые образцы имели форму куба с размерами граней 10x10x10 см. Испытание грунтов статическими нагрузками проводились в скважинах площадью штампа А = 600 см². В ходе экспериментов испытывались грунты ненарушенной и нарушенной структуры.

Анализ результатов определения прочностных характеристик в условиях одноплоскостного прямого среза, плоской деформации и осесимметричного трехосного сжатия показал, что величина угла внутреннего трения, полученная в стабилометре, выше по сравнению со значениями, полученными в срезном приборе на 3,4-5,9°, причём для случая плоской деформации угол внутреннего трения на 2,5-3° больше, чем для осесимметричного сжатия. Установлена прочностная анизотропия грунтов ненарушенной структуры. Так, величина предельного сопротивления сдвигу в направлении нормально слоистости в 1,1-1,3 раза выше, чем в направлении, параллельном слоистости.

Результаты исследований по изучению анизотропии деформационных свойств намытых песчаных грунтов показали, что деформируемость грунта в направлении вдоль слоистости отложений выше, чем перпендикулярно слоистости. Величина коэффициента анизотропии, численно равного $\kappa = E_{верт.}/E_{гор.}$, полученного для проведённых серий испытаний (каждый опыт проводился с трёхкратной повторяемостью) колеблется в пределах 1,5-1,6. Деформируемость грунтов нарушенной структуры выше деформируемости намытых песчаных отложений ненарушенного сложения.

Экспериментальные данные по определению коэффициента относительной поперечной деформации μ показывают зависимость этой величины от вида грунта и условий нагружения. Так, для грунтов нарушенной структуры, величина коэффициента μ в ходе опыта колеблется в небольших пределах, является практически постоянной величиной, равной 0,3, что совпадает со значением этого коэффициента, рекомендуемого нормативной литературой. При испытании грунтов ненарушенной структуры значения коэффициента μ имеют значительный разброс. Для серий экспериментов, проведённых при нагружении грунта нормально слоистости, величина коэффициента μ колеблется в пределах от 0,21 до 0,26. При нагружении грунта вдоль слоистости отложений значение коэффициента μ изменяется в ходе опыта, увеличиваясь в начале нагружения от 0,26 до 0,45, затем уменьшается до величины 0,3 и остается практически постоянным при дальнейшем нагружении. Характер изменения значений коэффициента относительной поперечной деформации можно объяснить тем, что при нагружении происходит разрушение структурных связей между частицами намытого грунта, а этот процесс сопровождается переукладкой частиц с новой ориентацией их в пространстве.

Исследование анизотропии деформационных свойств намытых грунтов сопровождалось изучением влияния масштабного фактора и типа прибора на величину модуля общей деформации. Анализ результатов показал, что хорошей сходимостью отличаются результаты испытаний, полученные в полевых условиях и стабилометре, величина Е полученная в одометрах с А = 40 см² и А = 60 см², соответственно в 1,4 и 1,85 раза ниже

Таким образом, проведенными исследованиями установлена прочностная и деформационная анизотропия намытых песчаных отложений, влияние условия загружения на результаты экспериментов, что необходимо учитывать как при определении строительных свойств грунтов, так и при проектировании намывных сооружений фундаментов возводимых на намывных основаниях.

Список цитированных источников

1. Мелентьев, В.А. Учёт анизотропии фильтрационных и прочностных свойств намытых грунтов при проектировании гидротехнических сооружений / В.А. Мелентьев, В.А. Филимонов. – М.: Гидротехническое строительство, 1981. – №4. – С. 23-26.

2. Садовский, С.С. Исследование анизотропии прочностных характеристик намывных песчаных грунтов. – Мн., 1981. – С. 15-16.

3. Винокуров, Е.Ф. Учет анизотропии механических свойств намывных грунтов в Белоруссии / Е.Ф. Винокуров, И.М. Набоков // Современные методы определения механических характеристик слабых грунтов: материалы научно-практической конференции. – Ленинград, 1978. – С. 12-14.

4. Набоков, И.М. Исследование влияния анизотропии на напряженно-деформированное состояние намывных оснований: автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. – Баку, 1980. – С. 22.

УДК 66.097:69.1.6

Ланских В.Э.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Шалобыта Т.П.

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ САМООЧИЩАЮЩЕГОСЯ СТЕКЛА НА ОСНОВЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ ДИОКСИДА ТИТАНА

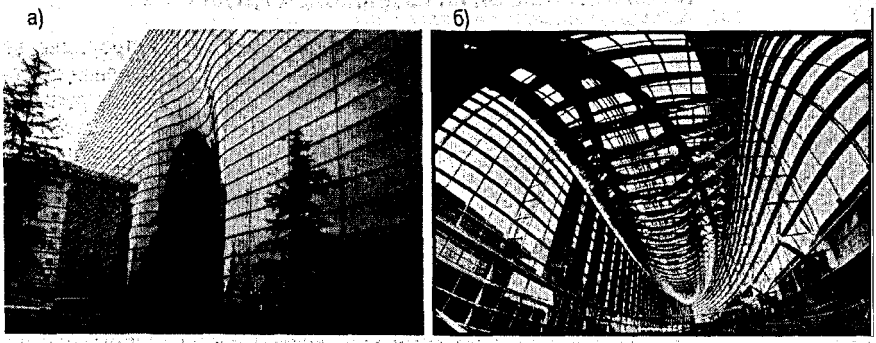
Роль стекла в современном жилищном, промышленном и гражданском строительстве невозможно переоценить. Начав свое победное шествие с простого заполнения светопроемов зданий, стекло в настоящее время превратилось в незаменимый конструкционный материал. Область его применения простирается от светопрозрачных кровельных конструкций и зенитных фонарей до перегородок, полов, лестниц, самонесущих и несущих строительных конструкций, защитных экранов.

В современном проектировании репутация стекла как "высокотехнологичного", функционального, изящного и многоцелевого материала продолжает укрепляться. В третьем тысячелетии мировые тенденции в остеклении диктуют максимальную открытость помещений естественному освещению. И все же, стирая грань между экстерьером и интерьером зданий, современный архитектор, проектируя «воздушные замки» с обилием стекла и вкраплением металла, бетона и других материалов, должен помнить о некоторых особенностях таких сооружений [1], одной из которых является быстрое загрязнение стекла.

Транспорт и промышленность являются основными источниками загрязнения атмосферного воздуха. Плачевное состояние городской атмосферы, насыщенной выхлопными газами и копотью, негативно сказывается на состоянии светопрозрачных элементов зданий и сооружений. Стеклянная поверхность быстро покрывается не только пылью и грязью, но и трудноудаляемыми загрязнениями сажистого налета. В результате здание приобретает неопрятный и отталкивающий вид. Особенно актуальна эта проблема для небоскребов и зданий сложной архитектуры, где стекло располагается на большой высоте, или к нему трудно обеспечить доступ (рисунок 1, а). Отмыть такие сооружения – дело не простое и не дешевое. К тому же эта работа малоэффективна, так как вымытые фасады очень быстро утрачивают чистоту. Для поддержания чистоты Токийского Международного форума (рис. 1, б), фасад атриума которого отделан 20000 м^2 многослойного стекла, постоянно должны работать два робота с вращающимися щетками [2]. Площадь поверхности, очищаемой за день – 300 м^2. Небоскреб «Сирс Тауэр» в Чикаго шесть автоматических моечных машин чистят 8 раз в году.

Во второй половине XX века было разработано множество видов покрытий для стекла, нашедших широкое применение в самых различных отраслях. Но лишь сравнительно недавно появилось стекло, которое позволило решить проблему загрязнения – само-

очищающееся стекло. Основных принципов самоочистки два. Первый из них основан на создании поверхностной пленки, которая, покрывая материал, создает на нем структуру в виде геометрической волнообразной решетки с размерами меньше, чем молекула воды. Такие материалы при невысокой временной устойчивости имеют достаточно высокую стоимость. Поэтому более широкое применение получило самоочищающееся стекло, в котором эффект самоочищения достигается за счет специального пиролитического покрытия двойного действия. Стекло в процессе производства покрывают активной поверхностной пленкой, которая способна очищать стекло снаружи от органических и других загрязнений. Прочность нанесенного покрытия достигается специальным производственным процессом. Микроскопически тонкое покрытие наносится на наружную сторону стекла и становится неотъемлемой частью его поверхности. Покрытие может быть повреждено, только если оцарапать или разбить само стекло. С виду самоочищающееся стекло выглядит совершенно обычно, и грязь оседает на нем точно так же, как на обычном стекле. Но благодаря тому, что на его поверхности есть тонкий слой (толщина – 15 нм) диоксида титана, вступающий в реакцию с грязью при освещении солнечным светом, это стекло обладает способностью к самоочищению.



а) сферический моллированный триплекс в остеклении Пекинского планетария; б) многослойное стекло Токийского Международного форума

Рисунок 1 – Стекло в фасадах современных зданий

Диоксид титана – один из основных материалов в повседневной жизни. Он широко используется как белый пигмент в красках, косметике и продовольствии. Существует в трех прозрачных модификациях: рутил, анатаз и брукит. В качестве фотокаталитического покрытия используют модификацию анатаза, так как она имеет наименьший коэффициент преломления света, а также является наиболее прозрачной по сравнению с другими модификациями. TiO_2 – полупроводниковое соединение, обладающее фотокаталитическим эффектом [3]. Фотокаталитический эффект – это химическая реакция, которая проистекает под воздействием световой энергии в присутствии катализатора. Очень важен тот факт, что катализатор, стимулируя химическую реакцию, сам в ней не участвует, то есть не расходуется. В свою очередь органические частицы грязи, попадающие на поверхность, подвергаются окислению.

Согласно современным представлениям, в полупроводниковых соединениях электроны могут находиться в двух состояниях – свободном и связанном. В первом состоянии электроны движутся по кристаллической решетке, образованной катионами Ti_4^+ и анионами кислорода O_2^-. Во втором состоянии – основном, электроны связаны с каким-либо ионом кристаллической решетки и участвуют в образовании химической связи. Для

перевода электрона из связанного состояния в свободное состояние, необходимо затратить энергию не менее 3,2 эВ. Эта энергия может быть доставлена квантами света с длиной волны меньше чем 390 нм (ультрафиолетовое излучение). Таким образом, при поглощении света в объеме частицы TiO_2 рождаются свободный электрон и электронная вакансия – в физике полупроводников такая электронная вакансия называется дыркой. Электрон и дырка – достаточно подвижные образования и, двигаясь в частице полупроводника, часть из них рекомбинирует – возвращается в связанное состояние, а часть выходит на поверхность и захватывается ею. Захваченные на поверхности электрон и дырка являются вполне конкретными химическими частицами. Химически они чрезвычайно активны (рисунок 2).

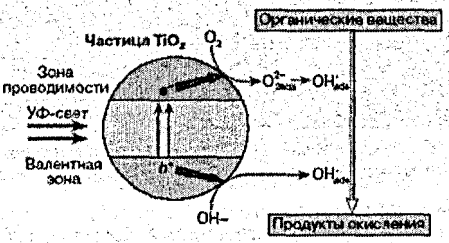


Рисунок 2 – Схема процессов фотокаталитического эффекта

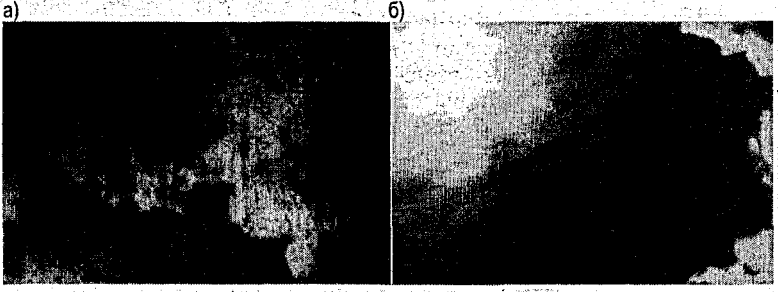
В терминах окислительно-восстановительных потенциалов реакционная способность электрона и дырки на поверхности TiO_2 характеризуется следующими величинами: потенциал электрона -0,1 В, потенциал дырки ~ +3 В относительно нормального водородного электрода. Иными словами, электрон способен реагировать с кислородом, рождая мощные окислительные радикалы O- и OH-. Дырка реагирует либо с водой, либо с любым адсорбированным органическим, в ряде случаев и неорганическим, соединением. OH- или O- радикалы также способны окислить любое органическое соединение. И, таким образом, поверхность TiO_2 под светом становится сильнейшим окислителем. Последовательность реакций в пленке TiO_2 проходит несколько стадий [3]:

- поглощение света – рождение электрон – дырочных пар;
- диффузия электронов и дырок к поверхности полупроводника;
- объемная рекомбинация электронов и дырок;
- поверхностная рекомбинация электронов и дырок;
- полезные реакции электронов и дырок с адсорбированными молекулами.

Такое покрытие придает поверхности стекла гидрофильные свойства. Поэтому на следующем этапе очищения продукты распада, а также неорганические загрязнения (дорожная пыль и т.д.) легко смываются дождевой водой [4]. После высыхания на стекле не остается подтеков, разводов и пятен (рисунок 3).

Стекло – постоянно эволюционирующий материал. Стеклянные структуры удивительно органично вписываются в любую архитектурную среду: играют ли они роль буферной зоны для защиты памятников архитектуры от атмосферных воздействий (Эфес, Лувр, библиотека в Ульме) или солируют в градостроительном ансамбле (информационно-коммуникативный центр Бранденбургского технического университета в Коттбусе, оперный театр в Копенгагене и т.д.) [2]. Стекло стало привилегированным строительным материалом не только в силу своей эстетической привлекательности, но и потому, что выполняет массу утилитарных функций: контролирует расход тепловой энергии, используемой для отопления помещений; регулирует поступление солнечной энергии и света;

защищает от шума; предоставляет новые творческие возможности и альтернативы для инновационных решений архитекторам и проектировщикам и др. Самоочищающееся стекло к тому же позволяет на долгое время сохранить удивительные эстетические эффекты, приближая человека к окружающей среде.



а) обычное стекло; б) самоочищающееся стекло

Рисунок 3 – Вид стекла после загрязнения и полива

Список цитированных источников

1. Применение стекла в строительстве: справочник / В.А. Дроздов, С.М. Гликин, В.П. Тарасов [и др.]; под общ. ред. В.А. Дроздова.– М.: Стройиздат, 1983. – 288 с.
2. 100 чудес современной архитектуры; пер. с англ. – М.: ЗАО «БММ», 2009. – 224 с.: ил.
3. http://diterglass.com.ua/1102-samoochischayuscheesya-glass-is-made-technologies.html
4. http://www.tudor-glass.co.uk

УДК 533.6:624.012.6.

Ланских В.Э.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Шалобыта Т.П.

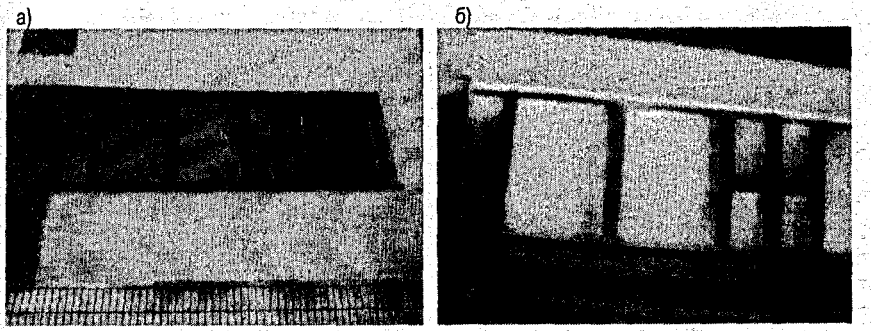
ПУТИ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛООБМЕНА С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ВИДОВ ОСТЕКЛЕНИЯ

Вопрос энергоэффективности зданий и сооружений в современном строительстве является предметом постоянных дискуссий. Увеличение доли остекления в фасадных конструкциях неизбежно заставляет задуматься о повышении теплотехнических характеристик оконных систем. Как показывает практика, большинство существующих оконных конструкций являются неэффективными с точки зрения энергосбережения. Например, на выполненной в ходе исследований тепловизионной съемке аудитории нашего университета (рисунок 1) ясно видно, что основные потери идут именно через остекление.

В оконной конструкции именно светопрозрачная часть занимает наибольшую площадь, т.е. сколько бы ни улучшались теплотехнические характеристики коробки и рамы в случае применения традиционного стеклопакета, все эти улучшения не смогут существенно снизить потери тепла. Реального снижения потерь тепла можно достичь путем использования более совершенных материалов во всех элементах остекления. Это позволит уменьшить процесс теплообмена с окружающей средой за счет каждой его составляющей: за счёт теплопроводности, конвекции и теплового излучения.

Снижение теплопроводности можно достичь путем применения стеклопакетов с различным заполнением межстекольного пространства. Для существенного улучшения тепло- и звукоизолирующих свойств стеклопакетов часто используется заполнение инерт-

ными газами или смесями газов, имеющими меньшую теплопроводность по сравнению с воздухом (см. таблицу 1). Кроме того, значительная плотность, вязкость, диаметр частиц, масса частиц (Ar-40, Kr–83,3, Xe-131,3) по сравнению с воздухом обеспечивают снижение конвекционных потоков внутри стеклопакета, что в свою очередь увеличивают сопротивление теплопередаче [1].



а) фотосъёмка аудитории; б) тепловизионная съёмка аудитории

Рисунок 1 – Потери тепла через остекление учебной аудитории

Таблица 1 – Параметры газов, используемых в стеклопакетах

Газ	Теплопроводность, Вт/мК	Плотность, кг/м³	Предельная толщина камеры стеклопакета, мм
Воздух	0,0241	1,27	20
Аргон	0,0162	1,78	17
Криптон	0,0086	3,74	11
Ксенон	0,0051	6,90	8

Наиболее часто для заполнения межстекольного пространства применяются: аргон (Ar) и криптон (Kr). Криптон значительно более дорогой, по сравнению с аргоном, инертный газ, но он в большей степени, чем аргон повышает тепло- и звукоизолирующую способность стеклопакета. Следует отметить, что использование инертных газов требует применения несколько других материалов для заделки швов [2]. Бутил или полисульфиды не всегда могут эффективно удержать инертные газы в межстекольном пространстве и через год-полтора там может оказаться обычный воздух, что связано, прежде всего, с неспособностью современных герметизирующих материалов удерживать инертные газы продолжительное время.

Другой эффективный путь снижения теплопотерь – это применение стеклопакетов с большим количеством камер (рисунок 2).

Видно, что до коэффициента сопротивления теплопередаче кирпичной стены (2,5 кирпича) теплопотери должны быть значительно уменьшены. Этого можно достичь за счёт увеличения количества камер в стеклопакете, однако при этом надо помнить, что такой путь эффективен до определенного предела. В определенный момент увеличение количества камер становится нецелесообразным и неизбежно ведёт к удорожанию, увеличению светопотерь и массы конструкции остекления. На отечественном оконном рынке большой популярностью пользуются 3-5-камерные системы, хотя и присутствуют 6-8-камерные.

Еще один эффективный путь снижения теплопотерь – это применение вакуумных стеклопакетов. Такой стеклопакет был разработан японскими учёными и впервые выпущен компанией Nippon Sheet Glass. По сути – это тот же стеклопакет, только его камера

в прямом смысле ничем не заполнена. Вакуумный стеклопакет полностью защищает от потерь за счёт конвекции и практически защищает от потерь за счёт теплопроводности (так как тепло, хоть и незначительно, уходит через стеклянные распорки, установленные в камере для предотвращения прогиба стекла в центре). Однако их применение не позволяет убрать теплопотери за счёт теплового излучения.

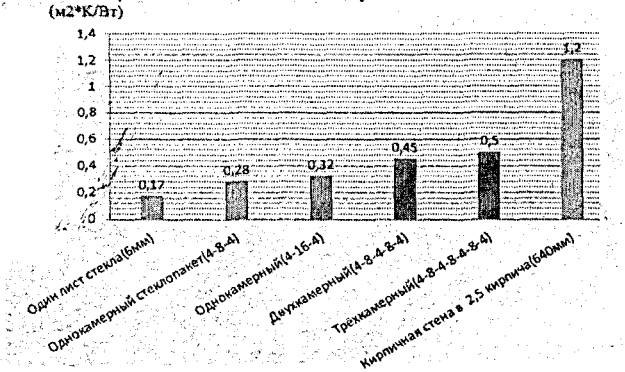


Рисунок 2 – Сопротивление теплопередаче некоторых видов стеклопакетов

Тепловое излучение – это перенос тепла посредством электромагнитных волн, возникающих в результате сложных молекулярных и атомных возмущений. Электромагнитные волны распространяются от поверхности излучателя во все стороны, встречая на своём пути другие тела, может ими частично поглощаться, повышая их температуру. Это единственный вид теплопередачи, который может осуществляться через вакуум. Тепловое (длинноволновое) излучение, при котором длина волны более 2480 нм, составляет от 50 до 74% от всех теплопотерь, в зависимости от вида остекления. С этой точки зрения эффективно уменьшить лучистый теплообмен можно за счёт селективного или низкоэмиссионного покрытия (рисунок 3). В последнее время наибольшее распространение получило так называемое «I (И)-стекло» или стекло с мягким покрытием – Low-E. Оно наносится на стекло методом магнетронного напыления в вакууме оксидами металлов (серебра, золота и др.), в результате чего образуется тонкая пленка, обладающая свойством спектральной селективности [3].

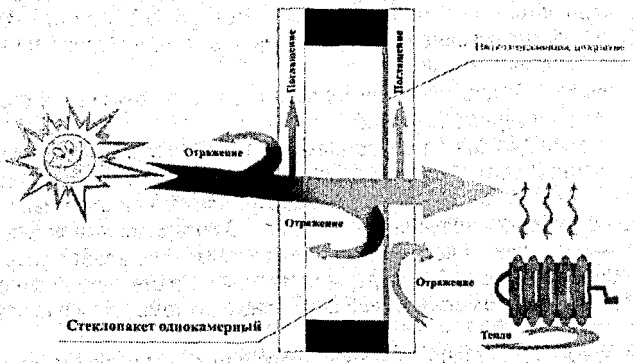


Рисунок 3 – Принцип действия низкоэмиссионного покрытия

Стекла отличаются показателем тепловой эмиссии, что существенно влияет на теплотехнические характеристики. У простого стекла коэффициент эмиссии около 0,83, у «К-стекла» с низкоэмиссионным твердым покрытием – не более 0,18, у «И-стекла» с низкоэмиссионным мягким покрытием от 0,02 до 0,11. Низкоэмиссионные стекла препятствуют утечке тепла из помещения за счет излучения зимой. Кроме того, они препятствуют нагреванию помещения летом, что позволяет снизить затраты на кондиционирование, а следовательно, повысить энергоэффективность сооружений.

Аналогом применения стеклопакетов с низкоэмиссионным покрытием являются стеклопакеты с теплосберегающими пленками. Такие пленки наклеиваются на стекло уже смонтированных стеклопакетов или располагаются на месте внутреннего стекла в многокамерных стеклопакетах, выполняя роль «теплового зеркала» (Heat mirror) [4]. Причем во втором случае, кроме регулирования тепловой эмиссии, сокращаются потери за счет конвекции. Тем не менее, препятствуя теплопотерям, теплосберегающие пленки существенно препятствуют и светопроницанию.

Наибольший эффект повышения термического сопротивления достигается в случае комплексного использования различных методов (рисунок 4): селективные стекла, инертные газы или вакуумное заполнение межкамерного пространства стеклопакетов и т.д. Например заполнение межстекольного пространства инертным газом позволяет повысить сопротивление теплопередаче на 3...5% при условии применения обычных стекол и до 15% – низкоэмиссионных.

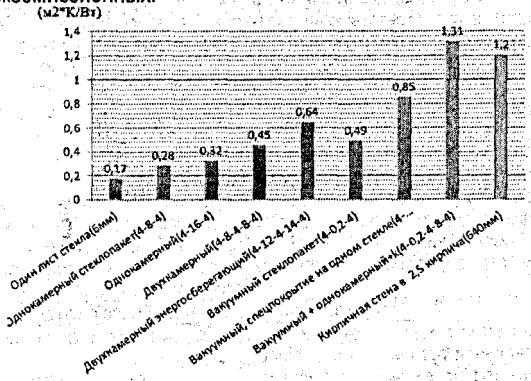


Рисунок 4 – Сопротивление теплопередаче некоторых видов стеклопакетов

Таким образом, можно сделать вывод, что в настоящее время существует достаточно способов и эффективных видов стекла, чтобы получить стеклопакет с показателем сопротивления теплопередаче не менее 1,0 м²·К/Вт. Но для обеспечения нормируемого показателя сопротивления теплопередачи всего окна нужно, чтобы аналогичной величине соответствовала рама, в которую вставляется стеклопакет, и коробка окна, монтируемая в стеновой проем. Кроме того, применение различных методов определяют стоимость стеклопакета, поэтому при выборе вариантов надо руководствоваться не только теплотехническими характеристиками, но и критериями экономической целесообразности.

Список цитированных источников

1. http://www.goodgoods.ru/pages/content/1094115429.html
2. http://www.nt-ekoklimat.ru/products/vacuumenergywindows
3. http://www.realprof.ru/steklopacket/energy-glass.htm
4. http://www.eagfacades.com/Technologies/heat.html

УДК 332.6(075.8)
Луцык А.А.
Научный руководитель: профессор Яромич Н.Н.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ОЦЕНОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В США И РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

С целью более детального изучения вопросов, связанных с рынком недвижимости в Республике Беларусь, выявления и оценки серьезности проблем оценочной деятельности в нашей стране, а также определения в достаточной ли степени используется международный опыт в сфере оценки недвижимости, была проведена сравнительная характеристика систем оценки недвижимости США и РБ.

США	РБ
1. Лицензирование оценочной деятельности	
Лицензирование оценочной деятельности было вызвано гигантскими потерями и крахом многих ссудо-сберегательных банков в 1988 г. Конгресс США издал закон, по которому все штаты обязаны были создать властные структуры, регулирующие оценку недвижимости. Такие властные структуры имеют право тестировать оценщиков (принимать экзамены), присуждать ему соответствующие звания в конкретном штате, устанавливать стандарты по обязательному образованию оценщиков. Оценщики, имеющие опыт оценки недвижимости, приносящей доход, получили сертификат штата, а не имеющие подобного опыта – лицензию. Наличие сертификата давало возможность осуществлять оценку всех видов недвижимости (без ограничений в верхнем пределе стоимости объектов). Лицензия давала право проводить оценку только некоторых, простых видов приносящей доход недвижимости (до определенного предела стоимости).	Порядок проведения аттестации оценщиков установлен Положением о порядке проведения аттестации оценщиков (далее – Положение), утвержденным постановлением Совета Министров РБ от 5 февраля 2007 г. № 148. К аттестации допускаются физические лица, постоянно проживающие на территории Республики Беларусь, имеющие высшее экономическое, юридическое или техническое образование. Аттестация проходит в форме компьютерного тестирования в Государственном учреждении образования «Учебный центр подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров землеустроительной и картографо-геодезической службы». После получения свидетельства оценщик имеет право получить личную печать оценщика и проводить независимую оценку. На личной печати должны быть указаны его фамилия, имя, отчество, номер свидетельства.
2. Профессиональные организации по оценке	
Институт оценки является единственной американской профессиональной организацией в области оценивания объектов недвижимости с полной программой курсов и продуманной системой организации проверки компетентности (аттестации) кандидатов в члены этого Института. Другие профессиональные организации оценщиков, хотя и существуют формально в США, но имеют сравнительно небольшой престиж. Эти общества не имеют строгой системы проверки и отбора кандидатов. Так что на деле членом такого общества может стать буквально каждый желающий. Эти общества существуют как бизнес: их главная задача – сбор денег со своих членов. Профессиональные звания, присуждаемые этими обществами, абсолютно ничего не значат в кругах специалистов. Институт оценки осуществляет прием кандидатов в свои члены, причем предлагаются два уровня участия: один для оценки приносящей доход недвижимости (MAI), а другой – для оценки не	Организации, оказывающие услуги по оценке недвижимости: ✓ Институт недвижимости и оценки сегодня является ведущей специализированной организацией в области оценочной деятельности в РБ. Специалистами Института проводится оценка всех объектов гражданских прав (имущественных комплексов, бизнеса, недвижимости, земельных участков, оборудования, транспортных средств, интеллектуальной собственности), экспертиза достоверности оценки имущества, проводится подготовка документов для акционирования предприятий, организация и проведение аукционов; ✓ высокопрофессиональная организация в области оценочной деятельности в Республике Беларусь – ООО «Центр оценочных услуг»; ✓ одним из ведущих оценочных предприятий РБ, которое занимается оценочной деятельностью на профессиональном уровне, является компания «ИПМ-Консалт оценка»;

приносящих доход объектов (SRA). Эти два профессиональных звания имеют разные требования, получить звание MAI намного труднее. При работе с приносящей доход недвижимостью звание MAI является обязательным для многих финансовых институтов, связанных с рынком недвижимости.	✓ Оценочная компания Реалконсалтинг предоставляет услуги по независимой оценке рыночной стоимости движимого и недвижимого имущества для целей залога, купли-продажи, сдачи в аренду, страхования, внесения в качестве вклада в уставный фонд предприятий и организаций, принятия управленческих решений и др.
3. Рентабельность деятельности оценщика	
Рентабельная деятельность оценщика недвижимости в США зависит от типа оценочной деятельности оценщика. Согласно новым нормам федерального закона не требуется оценочного отчета для объектов стоимостью менее 250 тыс. дол., нужны лишь небольшие отчеты риэлтерских фирм, которые финансовые институты получают бесплатно. Таким образом, отпала большая часть оценочной работы, прежде всего для оценщиков не приносящей доход недвижимости. Почти везде в США, кроме самых крупных городов и прибрежной зоны в Калифорнии, цена частного дома значительно меньше суммы в 250 тысяч долларов. Так как работы стало гораздо меньше, а оценщиков осталось столько же, то конкуренция среди них возросла, а цена их работы снизилась. Многие оценщики недвижимости поменяли профессию. Оценочная деятельность стала нерентабельным бизнесом.	Услуги по оценке достаточно востребованы. Во всяком случае для того уровня, на котором сегодня находится рынок недвижимости. Другое дело, что качество оценочных услуг востребовано не на том уровне, как на Западе. Существенным фактором, который снижает спрос на профессиональные услуги по оценке, является, по мнению самих оценщиков, один из постулатов указа об оценочной деятельности № 615. Он, в частности, гласит, что «внутренняя оценка – оценка, проводимая самостоятельно юридическими и физическими лицами, в том числе индивидуальными предпринимателями, на основании собственного решения, без привлечения исполнителя оценки». Т.е. получается, что чуть ли не каждый субъект хозяйствования может быть оценщиком. Такая «оценка» имеет место быть, она принимается банками для выдачи кредита под залог, для принятия управленческих решений и т.д.
4. Источники информации	
Успех или неудача в оценке зависят от умения оценщика собрать правильную информацию. В Южной Калифорнии оценщики используют несколько источников информации, предоставление которой организовано в частности фирмами TRW REDI и Comps Inc. Важной рыночной информацией для оценки приносящей доход недвижимости располагает компания Comps Inc. Эта коммерческая фирма предлагает информацию о промышленных объектах, офисных зданиях, гостиницах, доходных домах, торговых объектах, а также о специализированных объектах (мини-склады, парки мобильных домов). Другим средством получения информации для оценщика являются брокерские риэлторские фирмы. Например, в городе Санта-Моника обычно пользуются информацией таких фирм, как Museum Commercial, Lee & Associates и Fred Sands Commercial. Эти фирмы специализируются на рынке приносящей доход недвижимости и располагают надежной информацией о продаже объектов, об условиях финансирования сделки, арендной плате и условиях заключения арендных договоров на рынке. Получить эту информацию от риэлторских фирм не очень просто. Нужны или связи, или личная заинтересованность риэлторской фирмы в оказании услуг конкретному оценщику. Как правило, риэлторская фирма обеспечивает информацией тогда, когда или оценщик, или продавец (покупатель) имеет договор аренды с фирмой.	Первая проблема, с которой сталкиваются все оценщики, занимающиеся оценкой недвижимого имущества, – это недостаток информации. Недостаточно объема рыночной информации, недостаточно структурированных баз данных, которые можно группировать, обрабатывать и анализировать. Это не позволяет в полной мере использовать при оценке метод сравнения продаж, который является наиболее адекватным при оценке рыночной стоимости объектов. Более тысячи сайтов, посвященных недвижимости, сегодня представлены в Рунете, но только единицы дают посетителю возможность получить полную, достоверную и, главное, оперативную информацию о представленных на нем объектах: ✓ www.m2.by – корпоративный сайт агентств недвижимости «Квадратный метр» и «Квадратный метр плюс»; ✓ pro-n.by – сайт журнала «Про-Недвижимость»; ✓ Доска объявлений www.kvartirant.by; ✓ «Недвижимость»@mail.ru в Беларуси (realty.mail.ru); ✓ Доска объявлений hata.by; ✓ irr.by и tut.by – рубрика «Недвижимость»; ✓ самый популярный специализированный портал о недвижимости – Realt.by и др.

Оценщики не приносящей дохода недвижимости часто пользуются услугами компьютеризированного сервиса предложений объединенной системы риэлторских фирм – MLS. MLS публикует книги со списком и фотографиями частных домов, кондоминиумов и небольших доходных жилых домов – объектов рынка недвижимости. Эта же информация может быть получена и через модем. Для оценщика приносящей доход недвижимости сеть MLS не представляет особого интереса. В небольших городах Техаса и Центральной Калифорнии информацией о рынке недвижимости располагают, помимо оценочных фирм, еще и риэлтерские компании.	

Таким образом, проанализировав сходства и различия систем оценки недвижимости США и РБ, можно сделать вывод: хорошо проработанное законодательство, сильные общественные организации в области недвижимости и оценки, хорошо организованная система сбора и доступа к информации, работа на рынке профессионально образованных и опытных специалистов создают условия эффективного функционирования рынка недвижимости и осуществления обоснованной оценки объектов.

В настоящее время прогресс развития оценочной деятельности в Республике Беларусь зависит от эффективного использования международного опыта и возможности сотрудничества с ведущими оценочными институтами.

Список цитированных источников

1. Жилищный кодекс Республики Беларусь: Кодекс Республики Беларусь от 02.03.2013 N 428-З. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pravo.by. – Дата доступа: 28.03.2013.

2. Методы оценки недвижимости. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://stand.by. – Дата доступа: 28.03.2013.

3. Оценка недвижимости. Опыт США. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://developerov.net. – Дата доступа: 28.03.2013.

4. Проблемы развития рынка недвижимости в Беларуси. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:// www.nb.by. – Дата доступа: 28.03.2013.

5. Интернет стал основным источником информации о рынке недвижимости. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.realt.by. – Дата доступа: 28.03.2013.

УДК 669.018.29

Маевский И.А., Янинко Д.Г.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Шалобыта Т.П.

СПОСОБЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Развитие современной строительной отрасли требует постоянного улучшения физико-механических и специальных свойств конструкционных материалов, синтеза новых сплавов, обладающих высокими эксплуатационными показателями. Металлические материалы занимают одно из ведущих мест среди конструкционных материалов благодаря высоким механическим свойствам (прочности, твердости, упругости, пластичности), универсальности прочностных характеристик для всех видов напряженного состояния, технологичности, эстетичности и долговечности. Перспективы применения металлических материалов в строительстве и архитектуре связаны с поиском новых пространственных форм зданий и сооружений, совершенствованием методов расчета конструкций и опти-

мизацией расчетных схем, совершенствованием технологических процессов, а также созданием новых металлических материалов. В настоящее время наиболее широко в современном строительстве используется сталь, конструкции из которой применяются:

- в промышленном строительстве, в особенности для каркасов зданий тяжелого типа, оборудованных кранами большой грузоподъемности, для покрытий многопролетных одноэтажных зданий и большепролетных производственных помещений;
- в гражданском строительстве в качестве каркасов зданий повышенной этажности и большепролетных покрытий выставочных залов, залов собраний, крытых стадионов;
- в железнодорожных и автомобильных мостах и путепроводах;
- в подвижных сооружениях и др.

При проектировании стальных конструкций важно учитывать такие аспекты, как прочность, жёсткость, долговечность, износостойкость. Улучшение этих качеств достигается различными способами, основанными на изменении состава и (или) структуры сплава. Для изменения состава наиболее распространённым методом является легирование, а также микролегирование и модифицирование. Сущность этих методов заключается во введении в металл различных добавок (металлов и неметаллов) в различных долях.

Легированными называют стали, в которые вводятся специальные легирующие элементы, способные улучшать механические, технологические, эксплуатационные свойства, а в некоторых случаях придавать стали особые физические или химические свойства [1]. Механизм влияния легирующих элементов на свойства сталей состоит в инициировании полиморфных превращений железа. Свойства стали в значительной степени определяются тем, какие фазы образуются при сплавлении с легирующими элементами в результате термической обработки. Основными структурными составляющими сталей являются феррит, аустенит, перлит, ледебурит, сорбит, тростит, бейнит и мартенсит [2]. Легирующие элементы присутствуют в сталях в виде твердого раствора в железе, в виде карбидной фазы, в форме интерметаллидных соединений с железом, бором, азотом, кремнием и углеродом или между собой (Fe_7Mo_6, Fe_3Nb и др.). Каждая структура определяется химическим составом и технологией стали.

Все легирующие элементы в сталях разделяются на две группы: карбидообразующие (Mn, Cr, Mo, W, Nb, V, Zr, Ti) и карбидонеобразующие (Ni, Si, Cu, Co, Al). Карбиды вносят в сталь повышение твердости, износостойкости, сопротивление деформированию.

Применение сталей определяется их структурой и свойствами.

Стали перлитного класса характеризуются небольшим содержанием легирующих элементов (менее 5...7%). Их применение вместо углеродистых сталей позволяет уменьшить массу и повысить надежность строительных конструкций, особенно уменьшить их склонность к хрупким разрушениям.

Стали мартенситного класса содержат большее количество легирующих элементов (обычно 7...15%). Содержание углерода в сталях мартенситного класса обычно не превышает 0,55%. Среди сталей мартенситного класса широкое применение находят стали, содержащие около 13% хрома и до 0,4% углерода. При содержании хрома более 12,5% сталь становится коррозионно-стойкой. Стали этой группы хорошо сопротивляются атмосферной коррозии и коррозии в среде водяного пара, т.е. являются нержавеющими. В ремонтных работах нержавеющую сталь следует применять для изготовления штифтов, крепежных деталей, анкеров, а также арматурных сеток.

Стали аустенитного класса содержат более 15% легирующих элементов, в том числе не менее 8% никеля или около 13% марганца. В большинстве этих сталей содержание углерода не превышает 0,2%. Легирующие элементы (особенно никель), растворяясь в аустените, повышают его устойчивость. Набольшее применение среди сталей аустенит-

ного класса находят хромоникелевые стали, содержащие около 18% хрома и 8...10% никеля (углерода не более 0,2%). Эти стали имеют более высокую коррозионную стойкость, чем хромистые стали мартенситного класса. Нержавеющая хромоникелевая сталь применяется и как защитное покрытие, наносимое на более дешевую углеродистую сталь с целью защиты деталей от кавитационного и коррозионного разрушения водой.

Стали ферритного класса содержат от 17 до 30% хрома или не менее 2,5% кремния. Это малоуглеродистые стали, в которых процент углерода не превышает 0,2%. Растворяясь в феррите, хром повышает его устойчивость. Наиболее известными сталями ферритного класса являются высокохромистые стали, содержащие 17...30% хрома и не более 0,2% углерода. Они хорошо сопротивляются как электрохимической, так и газовой коррозии при высоких температурах, т.е. являются кислотостойкими и жаростойкими (окалиностойкими). В строительстве используются для возведения огнеупорных сооружений.

К сталям карбидного (ледебуритного) класса относятся высокоуглеродистые (более 0,7% С), легированные большим количеством карбидообразующих элементов, преимущественно вольфрамом, ванадием, молибденом, хромом. Они отличаются повышенной теплостойкостью и износостойкостью. Могут использоваться для изготовления стальной проволоки [3].

Виды основных легирующих элементов в отечественной и зарубежной практике несколько отличаются. В США распространены стали повышенной и высокой прочности с пределом текучести 350, 420, 430, 560 и 640 МПа, легированные молибденом, ванадием, титаном, ниобием. В Англии и Швеции для сварных конструкций используются стали, легированные молибденом и бором, с пределом текучести 600 МПа. Представляют интерес японские стали с пределом текучести 900-1000 МПа, полученные по специальной технологии нитридного упрочнения. Термически упрочненные стали с пределом текучести 400-750 МПа изготавливают во Франции, Германии, Швеции, Польше.

В настоящее время повышение свойств конструкционной стали достигается не только легированием, возможности которого значительно исчерпаны, а более новыми технологиями, такими как микролегирование и модифицирование.

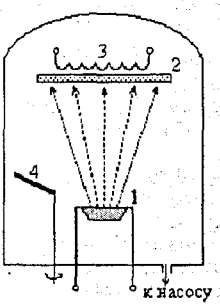
Под микролегированием понимают введение (чаще всего совмещаемое с раскислением и дегазацией сплава) отдельных элементов или их соединений, остаточное содержание которых не превышало бы 0,1%. При этом введение сотых и тысячных долей B, Ca, Ti, Zn, V, Nb оказывает значительное влияние на процессы, протекающие в твёрдой фазе и, как следствие, на свойства металла. Микролегирование стали применяется при производстве жаростойких, быстрорежущих, конструкционных, нержавеющих и рельсовых сталей. Микролегирование стали позволяет повысить прочность металлического сплава, производить более чистую обработку после закалки. Например, при резании закаленной стали, легированной ванадием, снижается коробление металла, нет трещин [4].

Модифицированием металлов называют введение в металлические расплавы модификаторов – веществ, небольшие количества которых способствуют созданию дополнительных искусственных центров кристаллизации и, следовательно, способствуют формированию структурных составляющих в округлой или измельченной форме и способствуют их равномерному распределению в основной фазе, что улучшает механические свойства металла. В строительстве наибольшее распространение получил модифицированный чугун.

Улучшение свойств поверхности материала (износостойкости, термостойкости, твердости, коррозионной стойкости), наряду с традиционными методами модификации, в последнее время все чаще осуществляется методами лазерной модификации поверхности. Главными достоинствами технологии лазерной модификации поверхности являются

локальность обработки, возможность обработки труднодоступных участков, химическая чистота, контролируемость толщины обработки (от сотен нанометров до нескольких миллиметров), минимальная финишная доводка (или полное ее отсутствие), возможность дистанционного контроля и автоматизации процесса, малая пористость созданного поверхностного слоя, минимальное коробление обработанного изделия, высокая производительность процесса, высокая работоспособность созданного поверхностного слоя, существенное (в 2-5 раза) увеличение ресурса обработанных изделий. Процессы лазерной модификации поверхности применяются для закалки углеродистых и легированных сталей, технического железа, чугуна, закалки и легирования алюминиевых сплавов; имплантации в поверхность разных металлов мелкодисперсных частиц (карбидов, алмаза, керамик); наплавки на сталь сплавов «никель-хром-бор-кремний» для повышения ресурса поверхности; легирования поверхности стали и алюминиевых сплавов такими упрочняющими элементами, как хром, кремний, углерод, молибден, бор, никель, азот; нанесения тонких (нано- и микрометровых) пленок из диэлектриков, полупроводников или металлов на подложки из разных материалов для изготовления компонент микроэлектронной техники [5].

Также одним из способов совершенствования конструкционных материалов является термовакуумный метод получения тонких пленок, который основан на нагреве в вакууме вещества до его активного испарения и конденсации испаренных атомов на поверхности подложки. К достоинствам метода осаждения тонких пленок термическим испарением относятся высокая чистота осаждаемого материала (процесс проводится при высоком и сверхвысоком вакууме), универсальность (наносят пленки металлов, сплавов, полупроводников, диэлектриков на металлы, стекла, керамику и пластмассы), а также относительная простота реализации. Ограничениями метода являются нерегулируемая скорость осаждения, низкая, непостоянная и нерегулируемая энергия осаждаемых частиц. Сущность метода термовакуумного напыления можно пояснить с помощью упрощенной схемы установки, представленной на рисунке 1.



1) испаритель, 2) подложка, 3) нагреватель, 4) заслонка

Рисунок 1 – Схема установки термовакуумного испарения

Вещество, подлежащее напылению, помещают в устройство нагрева (испаритель) 1, где оно при достаточно высокой температуре интенсивно испаряется. Физическая сущность процесса напыления состоит в создании вакуума в камере с обрабатываемой деталью, которая является анодом, и распылении материала катода методом термического нагрева или электронным пучком. Ионы металла, осаждаясь на поверхности детали, могут образовать покрытие. Если материал катода – титан, а в рабочую среду вводить газ-реагент (азот), то будет образовано покрытие из нитрида титана (результат взаимодействия ионов титана и атомов азота). Толщина таких покрытий не превышает 1-2 мкм. Возможно наносить пленки, состоящие из нескольких элементов, но из-за разной температуры испарения этот метод используют в основном для чистых металлов [6].

Наряду с освоением производства новых металлов и сплавов, большие перспективы открывает направленное изменение их внутренней структуры путем введения в матрицу дисперсных или волокнистых наполнителей, и получение композиционных материалов. В качестве наполнителей матриц композитов применяют стекловолокно, асбестовые, углеродные, джутовые, керамические, металлические и др. волокна. Удельная прочность армированного сталью алюминия в 3 раза превышает удельную прочность совре-

менных высокопрочных сталей. Изучаются особенности дисперсных и слоистых композитов. Композиционные материалы обладают и многими специальными свойствами, которые отсутствуют у компонентов. Область применения композиционных материалов достаточно обширна, их применение в промышленном и гражданском строительстве (пролеты мостов, элементы сборных конструкций высотных сооружений и др.) позволит получить новые пространственные формы [7].

Совершенствование конструкционных материалов осуществляется и методами порошковой металлургии. Металлические порошковые материалы – материалы, изготавливаемые путем прессования металлических порошков в изделия необходимой формы и размеров и последующего спекания сформованных изделий в вакууме или защитной атмосфере при температуре 0,75...0,8 $T_{пл}$. Эти материалы могут быть получены на основе большинства применяемых в технике металлов и сплавов. В настоящее время в мировой практике освоен выпуск легированных порошков конструкционных сталей, главным образом гомогенно- и части чнолегированных (диффузионнолегированных).

В заключение можно сказать, что применение усовершенствованных и новых металлических материалов позволит снизить массу конструкции, применить новые архитектурно – планировочные решения, а также впоследствии снизить расходы на изготовление, транспорт и монтаж. Именно эти причины являются основными для увеличения использования эффективных металлических материалов в современном строительстве и в первую очередь в строительстве высоких и уникальных строений (мостов, путепроводов и т.д.).

Список цитированных источников

1. Ржевская, С.В. Материаловедение: учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Университетская книга, Логос. – 424 с.

2. Справочник по конструкционным материалам: справочник / Б.Н. Арзамасов, Т.В. Соловьева, С.А. Герасимов [и др.]; под ред. Б.Н. Арзамасова, Т.В. Соловьевой. – М. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005.– 640 с.: ил.

3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ruswelding.com/legirovannye_stali.html

4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.modificator.ru/terms/microleg.html

5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.modificator.ru/terms/modif.html

6. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://www.coolreferat.com/Методы_получения_тонких_пленок.

7. Костиков, В.И. Композиционные материалы на основе алюминиевых сплавов, армированных углеродными волокнами / В.И. Костиков, А.Н. Варенков. – М.: Интермет Инжиниринг, 2000. – 446 с.

УДК 699. 86:661.728

Мартысюк Р.М., Наумчик Т.М., Пашкевич И.В.
Научные руководители: доцент Мордвилко В.И.,
ст преподаватель Полюхович А.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ ЭФФЕКТИВНЫХ УТЕПЛИТЕЛЕЙ (ЦЕЛЛЮЛОЗНЫЙ УТЕПЛИТЕЛЬ) В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Теплоизоляционные свойства целлюлозы были известны достаточно давно. В конце XIX века было проведено широкое исследование свойств бумажного материала, в результате чего была создана технология производства целлюлозного утеплителя. В 1928 г. в Германии открылось первое производство утеплителя.

После Второй мировой войны страны Европы, пострадавшие в войне, испытали настоящий строительный бум. В 1950-е годы, когда объём строительства зданий значительно вырос и возникла потребность в качественном утеплителе, спрос на целлюлоз-

ный материал значительно увеличился, поэтому технологии производства быстро стали совершенствоваться.



Рисунок 1 – Целлюлозный утеплитель

Нужно заметить, что в Беларуси это направление только развивается. Завод СЗАО «ЭКОВАТА-МОЛ» в городе Молодечно наладил производство целлюлозного утеплителя.

Целлюлозный утеплитель – материал серого (светло-серого) цвета, обычно состоит на 81% из вторичной целлюлозы (переработанной газетной макулатуры), на 12% – из антипирена (борная кислота), и на 7% – из антисептиков (бура). В волокнах материала находится лигнин, который при увлажнении материала связывает волокна и элементы конструкции. Коэффициент теплопроводности материала равен 0,037-0,042 Вт/(м*К), а также он способен удерживать до 20% влажности в верхних слоях утеплителя, что почти не влияет на теплоизолирующие свойства. Материал легко отдаёт влагу в окружающую среду за счет капиллярной структуры целлюлозных волокон и при высыхании не теряет своих свойств. Плотность применения составляет 28-65 кг/м^3. Группа горючести зависит от технических условия компании производителя. Эталонные показатели: Г2 – умеренно горючая (ГОСТ 30244), В2 (DIN 4102) – умеренно воспламеняемая (ГОСТ 30402), Д2 – умеренно дымообразующая (ГОСТ 12.1.044), паропроницаемость – 0,3 мг/(мчПа), сорбционное увлажнение за 72 часа – 16%. Значение pH = 7,8-8,3, поэтому целлюлозный утеплитель является химически пассивной средой и не вызывает коррозии контактирующих с ним металлов.

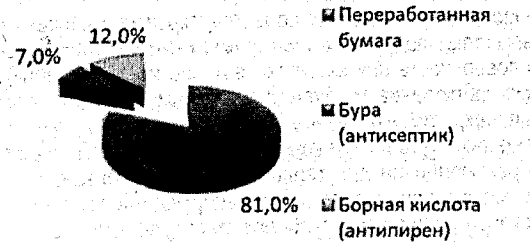


Рисунок 2 – Состав целлюлозного утеплителя.

Технологическая линия по переработке макулатуры в утеплитель – это компактный комплекс оборудования с оптимальной производственной мощностью 1,5 т. утеплителя в час. Производство целлюлозного утеплителя требует только подвод электропитания, т.е. подвод воды и канализации не требуется. Также производство не выделяет никаких выбросов в атмосферу и тем самым является экологически чистым и не загрязняющим окружающую среду.

Незначительным является количество рабочего персонала обслуживания линии – 3-5 человек в смену.

Процесс производства целлюлозного утеплителя высокоавтоматизирован и контролируем по всем циклам обработки. Он заключается в следующем: макулатура проходит двойное измельчение, второе из которых осуществляется специальной установкой, происходит расщепление бумаги на целлюлозные волокна, и в процессе к волокну добав-

ляются минеральные наполнители (бура и борная кислота), после чего готовая вата упаковывается в выбранный вид упаковки (бумажные или пластиковые мешки).

Целлюлозный утеплитель применяют для утепления чердаков, полов, наружных и внутренних стен, скатных кровель.

Достоинства целлюлозного утеплителя:

- биостойкость – исключает появление грибков, плесени, грызунов, насекомых за счет содержания антипирирующих компонентов (буры);
- экологичность – не выделяет никаких вредных веществ при монтаже и при эксплуатации;
- обладает отличными показателями теплопроводности;
- высокая степень огнестойкости;
- при правильной укладке с соблюдением верных плотностей с годами не даёт усадки;
- имеет высокий индекс изоляции шума (при наличии заключений);
- простота нанесения изоляции в труднодоступных местах;
- малая воздухопроницаемость;
- малый удельный вес;
- долгий срок службы;
- адгезия к металлу, стеклу, дереву, кирпичу.

Недостатки:

- ограничение в использовании – низкая плотность утеплителя не дает возможности организовать «плавающие» полы;
- для качественного утепления сложных поверхностей необходимо специальное дорогостоящее оборудование.

Существует три способа монтажа целлюлозного утеплителя в строительстве:

1. Сухой способ нанесения:

1.1. Ручной метод.

Таким способом обычно утепляют полы, перекрытия и чердаки. При ручной укладке утеплитель разрыхляют подручными инструментами в любой ёмкости и раскладывают на утепляемую поверхность или засыпают в полости здания. При установке в конструкциях необходимо соблюдение требуемой плотности установки, к примеру, для стен это 50-55 кг/м³. для перекрытий – не менее 30-40 кг/м³.

1.2. Сухое нанесение (утепление крыши) с помощью выдувного оборудования.

Этот способ рекомендован для теплоизоляции горизонтальных, вертикальных и наклонных, в том числе и труднодоступных конструкций и полостей (чердаки, неутепленные полости в старых зданиях без разборки конструкции; полости в межкомнатных перегородках и т.д.).

Целлюлозный утеплитель из упаковки высыпают в приёмный бункер установки, там она автоматически разрыхляется и оттуда подаётся по шлангу к месту укладки.

На сегодняшний день этот способ является наиболее распространенным.

2. Влажный (влажно-клеевой) способ нанесения.

Используется для открытых вертикальных конструкций (стен). Распыляемый материал при этом увлажняется водой. При взаимодействии с водой происходит активизация лигнина (вещества, содержащегося в целлюлозе), который обладает отличными клеящими качествами, вследствие чего слой плотно прилегает к поверхности, заполняя все неровности и пустоты.

Влажно-клеевой метод напыления утеплителя отличается от влажного лишь тем, что в воду добавляется небольшая доля клея (обычно это ПВА). Однако уровень звукоизоляции помещений при нанесении материала влажно-клеевым методом значительно выше, чем при нанесении другими методами.

Технология напыления влажно-клеевым методом ничем не отличается от влажного метода.

3. Комбинированный способ нанесения.

Этот способ состоит из двух этапов:

- нанесение слоя утеплителя необходимой толщины влажно-клеевым методом для достижения звукоизоляции;
- заполнение оставшегося объема, необходимого для задувки, сухим способом.

Таким образом, отделка и строительство жилья с использованием целлюлозного утеплителя гарантируют безопасное, комфортное и долговечное проживание в доме.

Список цитированных источников

1. http://albatros02/ru/materialy/uteplitel-ekovata
2. http://ecodom76.narod.ru/history/
3. http://ecraft.ru/articles/143/
4. http://www.ecovata-rostov.ru/ekovata/i/5
5. http://www.ekovata-sibir.ru/Oblfst_Primintnia.htm

УДК 624.012.35

Малиновский В.Н., Матвеенко Н.В.

НОВОЕ КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ КАРКАСА ОДНОЭТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

Существующие конструктивные решения одноэтажных производственных зданий можно условно разделить на плоскостные рамные схемы, плоскостные арочные схемы, пространственные схемы [1].

Благодаря возможности типизации конструкций и простоты их изготовления и монтажа, наибольшее распространение получили рамные схемы (рисунок 1.а), в которых применяются типовые железобетонные колонны прямоугольного сечения, двутаврового сечения, кольцевого сечения, двухветвевые [1].

Наиболее эффективны по расходу бетона и арматуры колонны двутаврового и кольцевого сечения, поскольку используется эффективная форма сечения. Однако они сложны в изготовлении, и по этой причине наибольшее распространение получили колонны прямоугольного сечения и двухветвевые колонны.

Среди многообразия применяющихся в одноэтажных производственных зданиях типовых и экспериментальных стропильных балок выделяют следующие типы [1]: двускатные балки под малоуклонную кровлю, балки с ломанным очертанием нижней или верхней полок для односкатных покрытий и для плоских покрытий балки с параллельными поясами.

Сечение балок применяется тавровым, двутавровым или прямоугольным [1]. В случае прямоугольного сечения для уменьшения веса балки выполняются отверстия в стенке. Подобный тип балок получил название решетчатых двускатных балок. Они менее экономичны в сравнении с балками двутаврового сечения по расходу материала, однако более экономичны по трудоёмкости изготовления и, кроме этого, для их изготовления применяются более простые формы опалубки.

В применяемых типовых стропильных балках трещиностойкость нормальных сечений обеспечивается продольной предварительно напряженной арматурой, наклонных – увеличением поперечного армирования, а также увеличением толщины стенки балки на опоре.

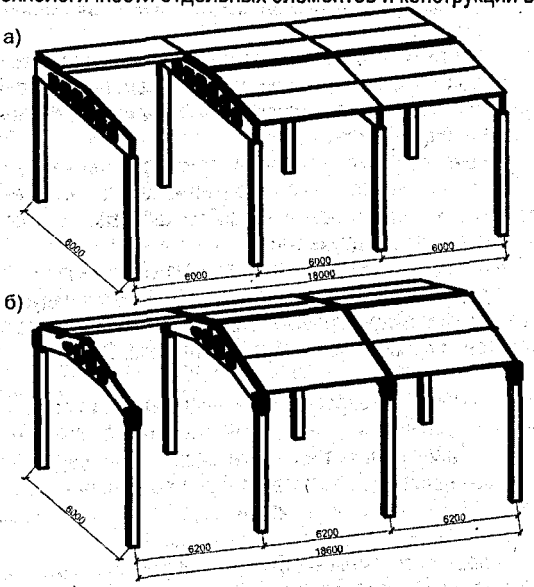
Что касается плит покрытия, то следует отметить, что наибольшее распространение в одноэтажных производственных зданиях получили ребристые плиты покрытия [1]. Основное достоинство этих плит – небольшая нагрузка от собственного веса на 1 м^2 покрытия и простая схема работы элементов плит. Недостаток заключается в сложности устройства коммуникаций в помещениях здания.

Немаловажное значение при конструировании узла сопряжения стропильной балки с колонной имеет тип этого соединения, поскольку от этого зависит расчетная схема рамы. В практике используется, как правило, шарнирное и жесткое соединения, которые принципиально отличаются друг от друга.

До настоящего времени еще не найдено достаточно удовлетворительного решения жестких стыков ригелей с колоннами. В последнее время применяют в основном жесткие стыки с железобетонными шпонками, на анкерных болтах и с последующим натяжением продольной арматуры ригеля и колонны [2].

Широко распространенным в конструкциях одноэтажных производственных зданий является поэтажное опирание плит покрытия на стропильные балки. Но, как показывает практика, более эффективной по расходу материала является схема опирания в одном уровне.

Все рассмотренные конструктивные решения как самих элементов, так и одноэтажных зданий каркасной схемы в целом соответствуют только части требований, но не отвечают в полной мере или в подавляющем большинстве требованиям, предъявляемым при проектировании зданий подобного типа. Основным направлением политики в области строительства на настоящий момент являются: снижение стоимости строительства, снижение энергоёмкости и трудоёмкости как на стадии изготовления конструкций, так и на стадии строительства, обеспечение должной надежности и долговечности зданий, а также повышение технологичности отдельных элементов и конструкций в целом.



а) конструктивное решение типового каркаса;
б) конструктивное решение каркаса бессварочного монтажа

Рисунок 1 – Конструктивное решение каркасов одноэтажных производственных зданий

Кроме этого, следует отметить, что очень часто строительство производственных объектов ведется в неосвоенных, отдаленных регионах, где затруднено обеспечение ресурсами, в том числе и энергетическими. В условиях ограниченности энергетических ресурсов возникает сложность в использовании машин и механизмов, а также в применении электросварки в обеспечении сопряжения конструкций при монтаже. Именно поэтому разработано конструктивное решение каркаса одноэтажного производственного здания без сварки закладных деталей (так называемого каркаса бессварочного монтажа) с использованием как типовых (плит покрытия), так и более эффективных и рациональных усовершенствованных (колонны, балки) конструктивных элементов каркаса (рисунок 1.б).

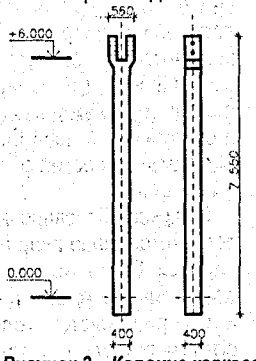


Рисунок 2 – Колонна каркаса бессварочного монтажа

Суть бессварочного каркаса одноэтажного производственного здания заключается в создании таких соединений ригеля с колонной и плит перекрытия с ригелем, которые не требуют обязательного выполнения сварки закладных деталей.

Предлагается рассмотреть принцип устройства каркаса на примере модели одноэтажного производственного здания пролетом 12 м, шагом колонн 6 м и высотой помещения (отметкой низа стропильной конструкции на опоре) 6,0 м.

Колонна предлагаемого каркаса (рисунок 2) выполняется прямоугольного сечения [3] с устройством двух ветвей консольного типа, между которыми размещается балка покрытия при монтаже. В ветвях колонны предусматриваются отверстия для обеспечения возможности выверки горизонтального и вертикального проектного положения балки. Подобный тип колонн применяется при создании жесткого сопряжения ригеля на бетонных шпонках.

В каркасе бессварочного монтажа возможно применение двускатных решетчатых балок [4]. Однако в рассматриваемом каркасе бессварочного монтажа предлагается использование усовершенствованного конструктивного решения балки (рисунок 3): для увеличения трещиностойкости по наклонным сечениям предлагается использовать продольную напрягаемую арматуру, располагаемую под пологим отгибом к продольной оси балки, что является более эффективным по сравнению с иными способами увеличения трещиностойкости наклонных сечений. При этом усовершенствованная конструкция балки позволяет сохранить прямолинейное очертание напрягаемой арматуры [5] и сохранить неизменными основные конструктивные параметры балки: высота на опоре – 800, 900 мм, высота в середине пролета – 1/10÷1/15 пролета.

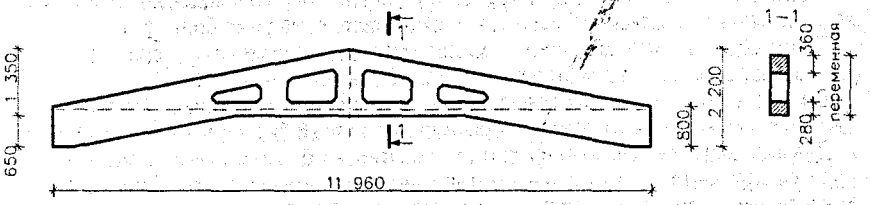
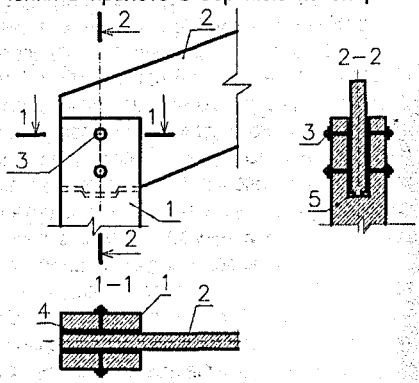


Рисунок 3 – Стропильная балка каркаса бессварочного монтажа

Заключается это решение в необходимости увеличения уклона верхней полки балки до 1/6÷1/7 пролета и излома нижней полки таким образом, чтобы в опорной зоне длиной 1/3÷1/4 пролета внешние грани балок были параллельны. В средней части пролета бал-

ка сохраняет очертание двухскатной балки. Вследствие этого в опорной зоне прямолинейно направленная напрягаемая арматура располагается под пологим отгибом к продольной оси опорной части балки, а следовательно, ее траектория соответствует переводу (отгибу) арматуры из нижней зоны сечения в пролете в верхнюю на опорах. В средней зоне, где поперечная сила не велика, с целью уменьшения объема бетона и собственного веса балки, можно предусмотреть отверстия в стенке в виде многоугольников.

В каркасе бессварочного монтажа предполагается шарнирное опирание стропильной балки на колонну, при котором вертикальные усилия передаются ригелем и воспринимаются колонной через подстилающий слой бетона, укладываемый при монтаже. Возможные горизонтальные перемещения стропильной балки в створах ветвей колонны при эксплуатации здания ограничиваются работой подстилающего слоя бетона на срез по контакту сопряжения элементов каркаса. Для более эффективной работы бетона на срез предусматриваются углубления на опорной площадке колонны и наплывы бетона на нижней грани опорной части балки. Кроме того, ветви колонны, предусматриваемые в оголовке колонны, позволяют произвести крепление или анкеровку парапетной части стенового ограждения непосредственно с колонной и тем самым передать горизонтальные усилия от ветрового воздействия не на балку, как это осуществляется в каркасе с поэтажным опиранием, а непосредственно стойкам каркаса, что значительно снизит напряженно-деформированное состояние подстилающего слоя бетона при работе на срез.



1) колонна; 2) стропильная балка; 3) стопорные болты; 4) мелкозернистый бетон; 5) подстилающий слой

Рисунок 4 – Узел опирания стропильной балки на колонну

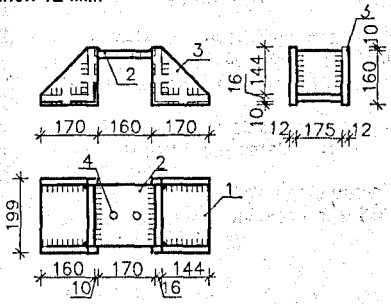
Опирание стропильной балки на колонну решается следующим образом: в отверстие колонны 1 опускается стропильная балка 2 (рисунок 4). Предварительно производится контроль отметок гнезд для балок. В случае отклонения отметок от проектных устраивают подстилающий слой бетона 5 для вывода на требуемую отметку. Затем выполняют корректировку положения балки в вертикальном и горизонтальном положениях при помощи коловоротного ключа. После этого все свободное пространство зачеканивается мелкозернистым бетоном 4. Для лучшей фиксации балок в проектном положении в отверстия с гайками ветвей колонны можно ввинчивать стопорные болты 3.

Таким образом, монтаж ригеля производится без использования электросварки закладных деталей колонны и стропильных балок.

В качестве плит покрытия предлагается использовать типовые ребристые плиты. В данном каркасе используются плиты размером в плане 6,0х3,0 м и высотой 300 мм [6].

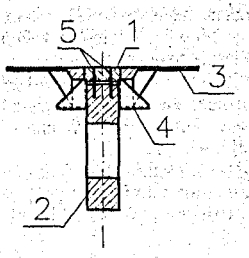
Для осуществления опирания плиты покрытия на балку без использования сварки предусматриваются специальные металлические консольные элементы (рисунок 5). Консольные элементы выполняются из стали и могут применяться при использовании стропильных балок прямоугольного сечения, в которых при их изготовлении устраиваются анкерные болты, с помощью которых осуществляется крепление консольных элементов к балке. Сами консольные элементы могут выполняться из горячекатаных уголков 1 (например, 160х160х16 мм), соединенных между собой опорной плитой 2 из поло-

совой стали толщиной 20 мм, в которой предусматриваются отверстия 4 для анкерных болтов. С целью увеличения жесткости уголков 1 на них навариваются косынки 4 толщиной 12 мм.



1) уголок 160х16 мм; 2) лист стали 20 мм; 3) лист стали 12 мм; 4) отверстия для анкерных болтов

Рисунок 5 – Консольный элемент для плит покрытия



1) бетон замоноличивания; 2) стропильная балка; 3) плита покрытия; 4) консольный элемент; 5) анкерные болты

Рисунок 6 – Схема опирания плит покрытия

Монтаж плит покрытия производится в следующем порядке. На анкерные болты 5 (рисунок 6), предусмотренные по верхней грани балки 2, устанавливаются консольные элементы 4 и при помощи гаек фиксируются в проектном положении. Анкерные болты удерживают консольные элементы в необходимом положении на стадии монтажа и эксплуатации. После этого панели покрытия 3 опирают продольными ребрами на консольные элементы. При этом приконтурные плиты опираются одним ребром на консольный элемент, а вторым непосредственно на колонну. Затем производится домоноличивание верхнего пояса балки 5 до уровня верхней грани плиты. Благодаря опиранию плит на консольные элементы происходит частичное совмещение по высоте плит покрытия со стропильной балкой. За счет этого уменьшается строительная высота покрытия, а также верхний пояс балки включается в работу диска покрытия.

В соответствии с современными требованиями, предъявляемыми к строительным конструкциям на стадии проектирования, можно выделить следующие преимущества каркаса бессварочного монтажа одноэтажного производственного здания:

1. Снижение стоимости строительства за счет применения более эффективной конструкции балки и сокращения строительной высоты конструкций покрытия.

2. Снижение трудоёмкости и энергоёмкости на стадии строительства благодаря выполнению всех сварочных работ в заводских условиях.

3. Обеспечение необходимой надежности и увеличение долговечности конструкций за счет создания преднапряжения бетона прямолинейной напрягаемой арматуры под пологим отгибом по отношению к продольной оси в опорной части и в нижней (растянутой) зоне сечения в средней части пролета балки.

4. Повышение технологичности конструкции, которая выражается в возможности использования типовых ребристых плит покрытия типа ПГ, применения стропильных балок постоянного прямоугольного сечения по всей длине, а также в сокращении сроков строительства за счет снижения трудоёмкости работ при монтаже.

5. Увеличение размеров здания (длины) по сравнению с типовым каркасом одноэтажного производственного здания при том же количестве используемых несущих конструкций (колонн, балок, плит покрытия), за счет опирания плит покрытия на консольные элементы (рисунок 1).

Список цитируемых источников

1. Конструкции промышленных зданий: учеб. пособие / Под. общ. ред. А.Н. Попова. – М.: Архитектура-С, 2007. – 304 с.
2. Леванов, Н.М. Железобетонные конструкции / Н.М. Леванов, Д.Г. Суворкин. – М.: Высшая школа, 1965. – 875 с.
3. Колонны железобетонные прямоугольного сечения для одноэтажных производственных зданий высотой до 9,6 м без мостовых опорных кранов: Серия 1.423.1-3/88. – М.: Госстройиздат, 1988.
4. Железобетонные стропильные решетчатые балки для покрытий одноэтажных зданий: Серия 1.462.1-3/89. – М.: Госстройиздат, 1989.
5. Малиновский, В.Н. Усовершенствованный вариант конструктивного решения железобетонных стропильных балок / В.Н. Малиновский, П.В. Кривицкий, Н.В. Матвеенко // Вестник БрГТУ. – Брест: БрГТУ, 2013. – С. 128-132.
6. Двускатная балка [Текст]: пат. 20130180 Респ. Беларусь
7. Плиты железобетонные ребристые размером 3х6 м для покрытий одноэтажных производственных зданий: Серия 1.465.1-21.94. – М.: Госстройиздат, 1994.

УДК 728.8.051.8(476.7)(09)«313»

Матчан А.В., Кискевич П.В, Желудко А.А
Научные руководители: ст. преподаватель Воробей А.В.,
ст. преподаватель Кароза А.И

ВОЛЫНСКОЕ УКРЕПЛЕНИЕ БРЕСТСКОЙ КРЕПОСТИ. ИСТОРИЯ. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Целью нашей работы является создание комплексного исследования территории Волынского укрепления Брестской крепости для материальной и исторической оценки и выработки вариантов возможного использования.

В соответствии с программными документами, определившими перспективы развития туризма в Республике Беларусь, выделены городские поселения – центры туризма международного и национального значения. Одним из перспективных центров туризма международного значения является город Брест. Знакомое место города, его визитная карточка – Брестская крепость. Сейчас ведётся подготовка её территории для внесения, как комплексной исторической ценности, в список Всемирного наследия ЮНЕСКО. Несмотря на то, что крепость сейчас является памятником фортификационного зодчества XIX в. и мемориалом, до сих пор ее территория досконально не изучена.

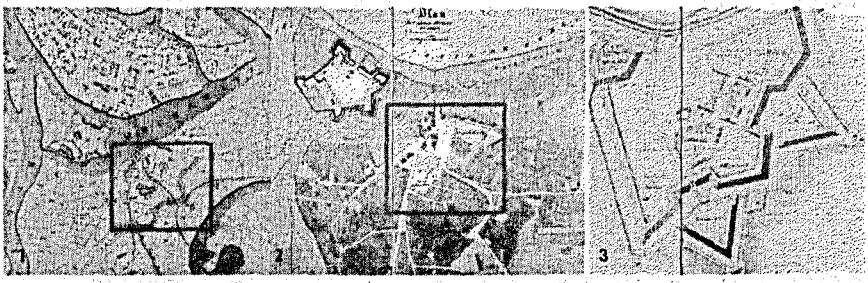
В 2019 году Брест отметит своё тысячелетие. Подготовка к этому значимому не только для города, но и для всего государства событию – повод и одновременно возможность говорить о проблеме ревалоризации (восстановление утраченной ценности) данной территории на самом высоком уровне. Задача – исследовать и сделать графическую реконструкцию планировочной структуры города Бреста разных эпох и отдельных ансамблей, опираясь на материалы планов и документальных источников, детальное изучение истории.

Волынское укрепление (остров Госпитальный) – объект историко-культурного наследия. Его необходимо сохранить, включив в современную жизнь общества. В рамках подготовки к празднованию тысячелетия Бреста нами были проведены обмеры Волынского укрепления, фотофиксация и инвентаризация, изучены документальные материалы. На основе всего этого была создана компьютерная 3D-модель, в которой были отражены виды внешнего облика территории города Берестья и Брестской крепости в зависимости от эпох. Для этого были использованы карты Госпитального острова.

История места.

Современный Брест и Брест средневековый – это по сути два различных города, расположенных в разных местах. Старый город в XIX в. был практически целиком уничтожен

при строительстве Брестской крепости. При этом сам город был перенесен на несколько километров на восток. Расположенные на соседнем с замком острове монастыри бернардинцев и бернардинок, их костелы, мост и площадь создавали уникальный целостный градостроительный ансамбль. Это можно увидеть на картах Госпитального острова (рис. 1) и на представленных видах реконструкции в компьютерной графике (рис. 2).



1 – карта 1740 г., 2 – карта конца XVIII в., 3 – план фортификации 1836 года
Рисунок 1 – Карты Бреста

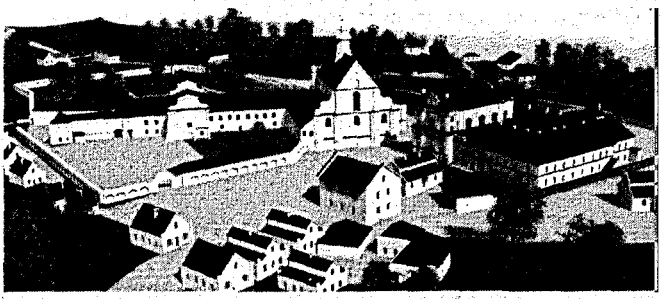
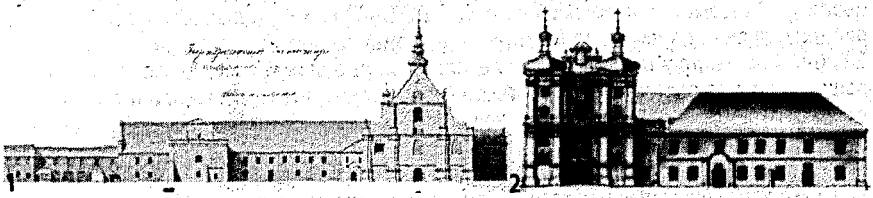


Рисунок 2 – Графическая реконструкция комплексов монастырей

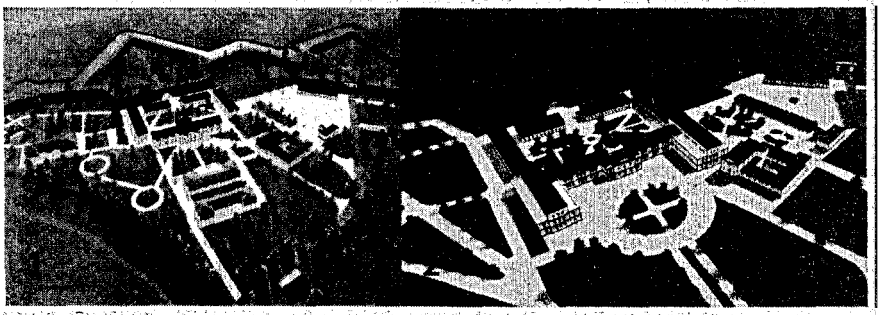
В 1605 г. в городе были возведены деревянные костел и монастырь. Началось строительство каменного костела мужского бернардинского монастыря. Через год рядом с ним выросли деревянные женский монастырь и костел св. Дороты, которые в XVIII в. были перестроены в каменные. В 1680 г., после разрушений, принесенных войной со шведами, костел был отстроен заново в виде типичного для Беларуси трехнефного храма в стиле барокко со скульптурой Христа в арочной нише над входом. Венчала здание четырехъярусная башня с колокольней. Костел женского бернардинского монастыря был построен в XVIII в. на месте деревянного храма и представлял собой однонефовую базилику с элементами "виленского барокко" (рис. 3).



1 – фасад монастыря бернардинок, 2 – фасад монастыря бернардинцев
Рисунок 3 – Фасады монастырей

Строительство Брестской крепости нанесло тяжелый и невосполнимый урон культуре Бреста: были уничтожены многочисленные архитектурные ансамбли. Брест-Литовская крепость была задумана как мощный форпост империи, входящий в систему из девяти крепостей (среди них Иван-город, Варшава, Новогеоргиевск, Осовец, Ковно). Строительство временных земляных укреплений по плану генерала К. Оппермана началось в 1823 г. (рис. 1).

Окончательный план долговременной фортификации был утверждён 23 апреля 1836 г., а через шесть лет, 26 апреля 1842 г., крепость стала одной из 44 штатных российских крепостей. Волынское укрепление размещалось на южном острове (откуда и одно из последующих наименований территории), образованном руслом реки Буг, левым рукавом реки Мухавец и обводным каналом. Оно представляло собой бастионный фронт: два бастиона с примыкающими равелинами. С цитаделью укрепление было связано подвесным мостом, а с Кобринским и Тереспольским укреплениями не сообщалось. В монастырях бернардинок и бернардинцев располагался Александровский кадетский корпус. После перевода корпуса в 1854 г. в Москву здание использовалось как военный госпиталь. Условно история самой крепости была разделена на три периода: Российская империя (1823-1914), польский период (1921-1939) и современность (1945-наше время). В разное время территория крепости трансформировалась, что отражено на представленной модели (рис. 4).



1 – польского периода, 2 – периода Российской империи

Рисунок 4 – Графическая реконструкция Госпитального острова

Современное состояние.

Сейчас на Госпитальном острове располагается музей «Берестье» с экспозицией города XIII века, найденного в результате археологических раскопок П.Ф. Лысенко; руины женского бернардинского монастыря (во времена крепости – Управление военного госпиталя №2396); женский монастырь (казематированный редюит, состояние хорошее, треугольная пристройка утрачена, выполнена надстройка в виде шпиля православной церкви), 12 казематов, пороховой погреб, 2 ДОТа 62-го УРА (один артиллерийский, второй недоступен для изучения (приграничная зона), здание бывшего кож-вендиспансера 20-30-го года постройки (сейчас здание общества рыболовов и охотников, состояние хорошее), каплица постройки 20-30-х годов (перестроена в котельную), южные (Николаевские) ворота (состояние хорошее), три частных дома 50-х годов постройки, частично земли отданы населению под дачные участки. В целом прилегающая к Брестской крепости территория находится в бросовом состоянии: много пустующих земель, большое количество хаотично выросших хозяйственных и складских построек. Оборонительные валы крепости частично приспособлены под гаражное и подсобное хозяйство. Полностью

утрачено здание бернардинского монастыря (позже кадетский корпус, позже хирургическое отделение госпиталя) и прилегающих построек.

Перспективы использования.

Историко-культурная и архитектурно-планировочная сложность, многогранность среды диктует полифункциональное использование объекта (сочетание культурно-туристской, общественно-административной, информационно-образовательной, религиозной зон). При этом доминирующей должна стать культурно-туристская зона. Не стоит в спешке, обусловленной подготовкой к какой-либо дате, останавливаться на первом проектном предложении и строить парк развлечений, разрушая при этом историческую среду. Нами предложена следующая концепция использования территории Волынского укрепления: восстановить монастырь бернардинок под религиозный центр (в комплексе с существующим женским монастырём) с выразительной музейной частью, демонстрирующей историю и предметы культа всех существующих в старом Бресте конфессий, организовать летний амфитеатр для проведения творческих встреч, концертов, рыцарских турниров, фестивалей исторического танца и музыки и других культурно-массовых мероприятий. Большую часть госпитального острова, включающую природный заповедник, отвести под рекреационную зону с созданием пейзажного парка. Все строения должны органично вписываться в окружающую среду, не нарушать исторический ландшафт. Утраченные архитектурные памятники предлагается воссоздать в виде голограмм, которые можно менять в зависимости от демонстрируемой эпохи.

При реваloризации данной территории необходимо учитывать ряд особенностей данной территории и сложившейся геополитической ситуации, выявленных в ходе проведения предпроектного анализа:

- высокая историко-культурная ценность объекта;
- мемориальный комплекс Брестской крепости обеспечивает мощный приток туристов, в том числе иностранных;
- градостроительное расположение в приграничной зоне и вблизи международного транспортного коридора Берлин-Москва облегчает доступ туристам;
- высокий потенциал для проведения международных встреч, переговоров, семинаров;
- возможно привлечение иностранного капитала для реализации проекта на основании интереса партнёров к общей истории;
- хорошая транспортная доступность;
- удобная связь с городом, его современным общественным центром, что даёт широкие возможности для улучшения сложившейся и создания новой инфраструктуры (гостиницы, магазины, пункты общественного питания, интернет-кафе и т.п.);
- возрастающий интерес у населения к историческому прошлому;
-благоприятная экологическая ситуация;
- наличие природоохранных зон (прибрежные территории, природный заповедник).

При этом отмечается ряд негативных факторов, осложняющих процесс реваloризации:

- плохая сохранность памятников истории и культуры;
- отсутствие достойной инфраструктуры;
- недостаток сведений об утраченном городе, его планировочной структуре и архитектурном облике;
- недоступность многих архивных документов;
- недостаток пропаганды и рекламы историко-культурной значимости объекта среди населения Бреста.

Заключение.

Сохранение и восстановление историко-культурного наследия территории Брестской крепости, является первостепенной задачей, решать которую необходимо на республи-

канском уровне. И акцент нужно ставить не на возможную экономическую прибыль и интересы иностранных туристов, а на сохранении и изучении истории, подъёме уровня культуры населения, его интереса к национальному достоянию. Брестская крепость на данный момент имеет огромный неизученный ресурс и представляет интерес для научных деятелей. Разрушение ее с целью привлечения средств не должно быть оправдано.

Полученные графические реконструкции могут быть использованы при создании концепции реставрации и реконструкции Брестской крепости. Модель может быть использована для создания многослойной карты крепости, включающей различные эпохи.

Список цитированных источников

1. Лысенко, П.Ф. Берестье. – Мн.: Наука и техника, 1985. – 399 с.
2. Шпилевский, П.М. Путешествие по Полесью и Белорусскому краю. – СПб., 1858. – 242 с.
3. Зоненберг, Х. История города Брест-Литовска. 1016–1907 Брест-Литовск., 1907. – 104 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ibrest.ru.
4. Описание староства Берестейского 1566 г. // Документы Московского архива Министерства юстиции, т.1. – Москва: Товарищество типографии А.И.Мамонтова 1897 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ibrest.ru)
5. Паевский, Л. Городъ Брестъ-Литовскъ и его древние храмы. Исторический очерк. – Гродно: Типография Губернскаго правления, 1894.
6. Никитчик А.Д. Берестейский кроссворд Дальберга – гравюра "Urbs et Castellum" / А.Д. Никитчик, Т.А. Никитчик. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ibrest.ru.
7. Орлов, Владимир. Брестский замок и крепость. Источник: РГВИА Формуляр крепости Брест-Литовск с 1015 по 1896 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ibrest.ru.

УДК 726.5

Никитчик Т.А.
Научный руководитель: доцент Ширяева Л.А.

БРЕСТСКИЙ СВЯТО-НИКОЛАЕВСКИЙ СОБОР В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XIX В. ЭПИЛОГ

С 1795 г. по 1801 г. город Брест-Литовский принадлежит к Слонимской губернии. С 1801 г. город, насчитывающий 11000 жителей [1, с. 8], переподчинен ко вновь образованной Гродненской губернии.

Статус соборного Свято-Николаевский храм за собой сохранил. После образования самостоятельной Брестской греко-католической епархии при митрополите Яссоне Смогоржевском и епископе С. Млоцком (1780-е годы), наряду с митрополичьей резиденцией, показанной на карте И.Г.М. Фюрстенхоффа, при соборе находилась митрополичья ризница, перемещенная из Киева.

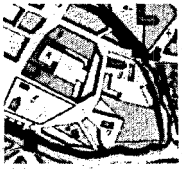


Рисунок 1 – Фрагмент плана Бреста 1796-1801 гг. Свято-Николаевский собор обозначен поз. 7 – «Церковь соборная недоконченная» [2]

Николаевский собор на плане Сухтелена 1807 г.

9 июля 1807 г. был заключён Тильзитский мир между Россией и Францией (восстановлено Варшавское герцогство), «согласно которому Брест-Литовск стал пограничным городом между Россией и Варшавским герцогством» [3]. Высочайшее повеление предусматривало укрепление города, и по этому случаю была изготовлена специальная карта. Ее подписал выходец из Голландии «Инженер Генерал» Петр Корнилович Сухтелен в декабре 1807 г.

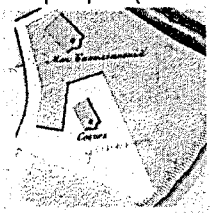


Рисунок 2 – Собор на карте 1807 г. [4]

Отметим, что габариты Николаевской церкви, обращенной апсидой на юг на карте Сухтелена, удовлетворительно коррелируют с размерами аналогичной церкви на карте Фюрстенхоффа (1706), но развернутой апсидой на восток.

Николаевский собор по плану Фюрстенхоффа (1706 г.) имеет размеры ≈17 м на ≈29.4 м, на плане Сухтелена (рис. 2) ≈16,5 м на ≈26,5 м. Погрешность ок. 11% совсем незначительна.

Это значит, что Свято-Николаевская церковь, восстановленная в 20-х гг. XVIII в. и описанная в Визитациях 1726 и 1759 гг., просуществовала до начала XIX в. без существенных перестроек. Закладку нового здания рационально отнести ко времени после завершения кампании 1812-14 гг.

Напряженный 1819 г. Старания Брестского капитула

1819 год в истории собора зафиксирован несколькими важными мероприятиями, случившимися в сентябре: 19 числа завершены ответы капитула митрополиту, 22 числа назначено проведение визитации.

Каноник Гавриил Янковский в 5 пункте 10 вопроса «Объяснений Брестского униатского капитула на вопросные пункты митрополита Булгака ...», законченных 19 сентября 1819 г., выдвигает против Ордена следующее обвинение: «**Как доводит следствие и свидетельство, данное клиром, что И.М. Ксендзы Базилиане Брестские забрали три четверти кирпича и боя от стен семинарии Брестской, взяли с плаца Кафедрального *много песка, приготовленного для раствора*, каждая фура которого стоила по 1 злотому; взято также с Кафедры 56 пар больших железных решеток, несколько железных крестов, один из которых стоил 3000 зл.; а умерший Его Светлость пан Хрепкович, коммиссар бискупьих владений, кроме множества железа увезенного в Тришин, еще взял 2 рулона свинца, для перевозки которого потребовалось несколько пар волов**» [5, с. 490].

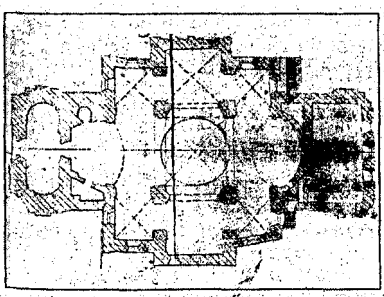
В 6 пункте 10 вопроса он продолжает: «А Их Преосвященства бискупы Брестские из ордена, **старую церковь кафедральную разбили, а начатую на давнем месте до этого времени оставили в руинах, что вся общественность в Бресте видеть может**» [5, с. 490].

22 сентября 1819 г. производилась Визитация Николаевского собора: «**Церковь кафедральная Брестская состоит в уездном г. Брест-Литовске. Каменная неоконченная, без полу, крыши, подлоги, окошек и прочего..., имеет погребов 5, в оных 4 – испорченные, а пятый почвенный, в коем дверей 3, окон 2 за железными кратами. В церкви крат железных – 9. При ней каплица каменная. [...] Окошек за железными кратами 3. На втором олтарь оной каплицы, две комнаты, в них печь кафловая. Дверей с внутренними замками жалезными – 2. Окошек за кратами 3. О нескольких саженях колокольня гонтами крытая. Оная церковь окончания требует, что может стоить с внутренним крашением – 3000 рублей. Прихожан не имеет**» [6].

Новая фортеция и храмы старого Бреста-Литовского

В страшном городском пожаре 27-28 июня 1828 г. [1, С. 9] пострадала в основном западная часть города: сгорело 220 домов, монастырь бригиток, греко-униатская Михайловская церковь.

Стратегическая крепость в Бресте-Литовском начала строиться в то время, когда политическая ситуация требовала такого действия. Политический либерализм Александра I сменяется реакционной политикой его сына – императора Николая I. Крепость накрыла собой старый город, к 30-м годам XIX в. деградировавший по многим социальным, политическим, коммерческим показателям, превратившийся в уездный. 31 мая-1 июня 1835 г.



город выгорел в последний раз. Зоненберг так сообщает об этом: «Страшный пожар истребил большую часть до 500 домов, неразрушенных еще в старом городе» [7]. 1 июня 1836 г. закладывается первый камень крепости, а 26 апреля 1842 г. крепость была введена в строй.

Рисунок 3 – Обмерный план Свято-Николаевского собора, выполнен юнкером Ломтевым в ноябре 1836 г. [8]

Существующая архивная и графическая информация не может дать ответ на вопрос: был ли это полный снос здания и возведение абсолютно нового по стилю строения, либо это была талантливо проведенная строительная операция с максимально возможным использованием пригодных элементов несущих конструкций стен? Такое сомнение зарождается при сопоставлении чертежей собора нескольких поколений, а в особенности после скрупулезного прочтения и анализа чертежа собора 1836 г. [8].

Представленный на рис. 3 план здания явно свидетельствует о его сложной строительной истории. Многочисленные, бросающиеся в глаза детали вмешательства в конструкцию наружных несущих стен, несовременного строительству, легко различимы на чертеже. К ним отнесем: массивный притвор, отсутствие второй круглой ниши (рудимента правой башни), разная толщина стен (0,8-2,6 м), отсутствие декоративных лопаток на северной стене, не прямоугольное сочленение кирпичных массивов, восточная резиденция со вторым приделом, различные очертания радиальных внешних элементов, отсутствие окна на северном «крыле».

В стенах основного объема имеется 9 окон. Все окна снабжены металлическими решетками (кратами), о чем сообщает текст Визитации. Вертикальная привязка от пола до нижнего откоса окна составляет ок. 3.6 м. Подтверждением предположения о реконструкции церкви из здания плана Фюрстенхоффа (1706) служат еще несколько элементов, легко определяемых на плане: нартекс, притвор, апсида и пристройка.

Отдавая должное таланту архитектора, отметим здесь неординарный строительно-технический прием, наделяющий притвор функциями, на первый взгляд невидимыми. Исследуя план 1836 г. (рис. 3), легко установить толщину наружной стены собора, т.е толщину стены западного фасада, составляющую 1,9-2.0 м. Толщина боковых стен притвора (северной и южной) еще больше – ок. 2,6 м. Такая толщина кладочного массива на чертеже здания читается еще только один раз в восточной, заалтарной пристройке. Этому есть логическое объяснение. Суть его в следующем. Главный строительный объем церкви предыдущего поколения (ок. 1706 – ок. 1807) ограничивался стеной с входной дверью из притвора в нартекс, бывшей ранее западным фасадом собора. Массивные стены притвора, представляющие в плане полый кирпичный столб, являлись ничем иным как усиливающим элементом – контрфорсом всего западного фасада. Притвор-контрфорс, имея характеристики огромного кирпичного массива (судя по объемам кладки 4 м х 7 м), лишенного поперечных и вертикальных деформаций, зафиксировал стену нартекса (бывшую наружную стену зап. фасада) и лишил ее возможных деформаций.

*Эпитафия Мартина Залесского (*1796 - †1877)*

Художественное полотно, написанное в 1840 г. М. Залесским, наряду с архивными документами РГВИА, обладает огромной информативностью. На лето 1840 г., как видно из панорамы, еще не была закончена кольцевая казарма, и пространство восточного

сектора центрального острова, очищенное от прежних строений, представляло строительную площадку. С севера строительство казармы дошло до Угринского моста, с юга казарма заканчивается Бернардинским мостом. Именно по этим двум мостам, с северной и южной строительных артерий на центральный остров завозились основные стройматериалы и кирпич, производимый на заводах, сосредоточенных вдоль этих направлений. Очевидным становится и то, что художник писал свое полотно с вершины вала VI бастиона, откуда открывается панорама на Александровский кадетский корпус, на обе переправы (моста), на перестраиваемые августинский монастырь, иезуитский коллегиум и на давнишний сакральный дуэт: руину Свято-Николаевской церкви и полубазилианскую Свято-Петро-Павловскую церковь. Это подтверждает грамотно выстроенная художником перспективная структура, где линия горизонта находится на уровне второго этажа кольцевых казарм.

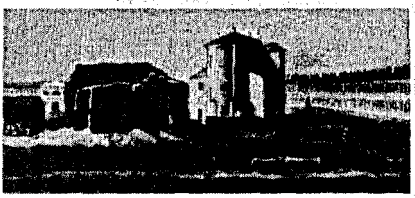


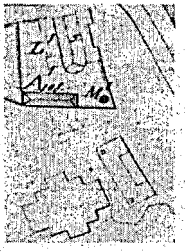
Рисунок 5 – Фрагмент полотна М. Залесского (1840) с изображением недостроенного собора Св. Николая (слева) и церкви святых Петра и Павла (справа) [9]

Далее следует отметить, что между изготовлением плана 1836 г. и полотном Залесского прошло около 5 лет. Что происходило за это время со зданием, документально пока не определено. Очевидно одно – некоторые трансформации имели место. Это видно по некоторым деталям южного фасада: 1) закладка дверного проема второго этажа в теплую резиденцию с юга; 2) отсутствует лестница, ведущая к этой двери и показанная на чертеже 1836 г.; 3) отсутствуют 4 окна или их следы на южном фасаде. Объяснение этому оставим профессиональным реставраторам. С учетом перечисленных замечаний легко прийти к выводу: перед нами **руина собора святого Николая со стороны южного фасада и отчасти восточного**. Длина видимого южного фасада – ок. 38 м. Остатки церкви изображены после пожара, следы которого видны на внутренней поверхности северной стены. Линия облома этой стены повторяет очертания этой же стены с продольного профиля 1836 г.

Городской пожар 1835 г. фактически предопределил дальнейшее использование церковного здания. После этой трагедии решается его дальнейшая судьба. 18 октября 1835 г. составляется письмо с предложениями по дальнейшему использованию объекта и отправляется военному министру графу Александру Чернышеву. 27 ноября составляется отношение господину Министру внутренних дел Дмитрию Николаевичу Блудову, в котором содержится **«просьба о передаче недостроенной до конца на Цитадельном острове греко-униатскаой церкови, во время пожара весной 1835 года лишившейся крыши, в инженерное ведомство и устройстве в ее здании казармы для нижних чинов брестского артиллерийского гарнизона; основание такого предложения – большие затраты на восстановление церкви и невыгодное для прихожан, живущих в окрестных деревнях, ее местоположение. Предложение построить церковь вне территории крепости»** [10].

Чертежи, а таких было выполнено около десятка, «были сделаны для передачи в Строительный комитет Министерства Внутренних дел Санкт-Петербурга для составления проекта перестройки бывшего униатского собора согласно общероссийским правилам и постановлениям Строительного устава» [11].

Храм предполагался к восстановлению в действующие, не столько для будущего использования его гарнизоном и прихожанами окрестных деревень, сколько для проведения одного важного государственного мероприятия.



Последнее изображение руины Свято-Николаевской церкви или того, что от неё осталось, помещено на карте 1843 г. В 6,5 м на северо-восток от апсиды Николаевского собора рациональнее всего предполагалось разместить солдатское отхожее место [12] (рис. 6). Это «стратегическое» сооружение видно и на полотне Залесского, справа от руины собора.

Рисунок 6 – Фрагмент плана строительства крепости 1843 г. с изображением абриса церкви св. Николая и по-базилианской церкви [12]

Вывод

История собора святого Николая является яркой иллюстрацией событийной энциклопедии Берестья. Он был разобран. Остатки его кирпича, скорее всего, были использованы в качестве забутовки кирпичных массивов строившегося в 1839-1842 гг. северо-восточного полукольца казарм.

В наше время, накануне первого своего миллениума, который уже фактически состоялся, а разноголосица по поводу прошлого и будущего города набирает остроту, дилемма нашего времени и нашего города – кто желает восстановить собор, у тех нет разума, кто не хочет этого делать, у того нет души – кажется неразрешимой. Что предложить в создавшейся ситуации, культурный потенциал города пока, увы, не знает.

Автор выражает искреннюю благодарность сайту **ibrest** и Жаркову Александру Владимировичу.

Список цитированных источников

1. Паевский, Лев. Брест-Литовск и его древние храмы. – Гродно, 1894. – 107 с.
2. ЦГВИА.– ВУА. – Д. 21528. – Ч. 6. – Л. 4.
3. Суворов, А.М. Брест. На перекрестке дорог и эпох. – Брест: Полиграфика, 2009. – С. 93.
4. План города Бреста-Литовскаго с означением вновь прожектируемой крепостью 1807 года / РГВИА. – Ф.349. – Оп. 4. – Д. 124. – Л. 1. Использование с разрешения сайта ibrest.
5. АВАК. – Вильна, 1889. – Т. 16.
6. Лаўроўская, І. Царква сьвятога Мікалая ў Берасці // Газета «Царква», 1996. – № 3-4. – С. 7.
7. Зоненберг, Х. История г. Брест-Литовска (1016-1907). – Брест-Литовск, 1907. – С. 92.
8. РГВИА. Фонд 349. – Оп. 4. – Д. 262. – Чертеж Греко-Униатского собора св. Николая. 1836. – 1 илл. См. также в газете «Царква». – 1996. – № 3-4. – С. 6
9. Суворов, А.М. Брест. На перекрестке дорог и эпох. – Брест: Полиграфика, 2009. – С. 103.
10. РГВИА. – Ф. 827. Главное инженерное управление. – Оп. 2. – Д. 182. – Л. 1-2. Использование с разрешения сайта ibrest.
11. Ожешковская, И.Н. Восстановление архитектурного облика церкви св. Николая в Бресте до 1837 г. / Архитектурное наследие Прибужского региона. Сохранение и культурно-туристское использование. – Брест: БрГТУ, 2012. – С. 100.
12. Генеральный план крепости 1843 г. РГВИА. – Ф. 389. – Оп. 4. – Д. 482. – Л. 4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ibrest.ru/archive/?id=1109. – Дата доступа: 15.03.2012.

УДК 692.826

Осопрелко А.Г., Лыщик Д.Ю.
Научный руководитель: доцент Мордвилко В.И.

ВИДЫ МАНСАРДНЫХ ОКОН. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ

Мансардные окна прочно вошли в нашу жизнь. Мы привыкли к ним. Кажется, они существовали всегда. Но так ли это?

В семнадцатом веке, во Франции, в связи с возникшей острой потребностью дешевого простого жилья для малообеспеченных граждан известный архитектор Франсуа Ман

сард предложил применять чердачные помещения и сдавать их в аренду бедным художникам, студентам, артистам. С тех времён мансарда, а точнее жилое чердачное помещение и было названо в его честь. Правда, мансарды тех времен существенно отличались своим внешним видом от комфортной и удобной современной мансарды. Они представляли собой маленькую душную комнатушку с глухими стенами и низким потолком.

На фоне обыкновенных окон мансардные отличаются одной особенностью, которая заключается в том, что по отношению к полу окно находится под углом от 15 до 90 градусов. Именно эта черта подобных окон и дает целый ряд преимуществ. Основное из них заключается в том, что такие окна способны очень хорошо сохранять тепло. Кроме того, они обладают большей светопро-пускной способностью (пропускают света в полтора раза больше по сравнению с классическими окнами) благодаря своим размерам. Ну и конечно мансардное окно является отличным эстетическим дополнением к фасаду здания, и его кровли в частности.

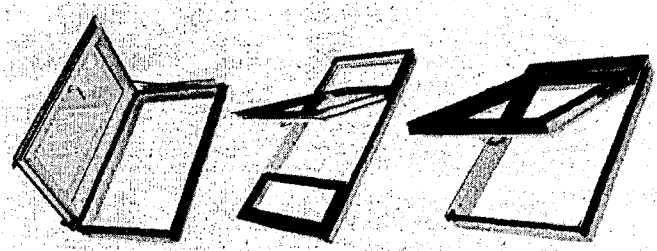


Рисунок 1 – Виды мансардных окон

Разнообразию видов мансардных окон, кажется, нет предела. Можно создавать целые оконные секции, можно остеклить хоть полкрыши, можно выбирать разные типы мансардных окон по способу открывания. Сейчас можно удовлетворить практически любое пожелание заказчика. Но знание того, какими бывают мансардные окна, не помешает (особенно при частном строительстве).

Виды мансардных окон:

1) по материалу:

- деревянные;
- пластиковые;
- алюминиевые;

2) *по конструктивным особенностям:*

- Надставки. Как правило, это верхний дополнительный элемент окна, создающий декоративное сочетание оконной конструкции. Может быть полукруглым, треугольным.
- Балконные окна. Совместно с мансардным остеклением создают переднее (иногда и боковое) остекление пространства с возможностью выхода как на балкон.
- Световой туннель. Это вид мансардного окна, у которого нет прямого контакта с помещением. Поэтому от окна идет светоотражающий туннель (труба) в комнату, а в комнате устанавливается плафон, равномерно рассеивающий свет.
- Дополнительный нижний оконный элемент под мансардным окном (устанавливается в одной плоскости).
- Карнизные окна. Они устанавливаются под мансардными окнами, но вертикально (*также имеют поворотное открывание*).

Современное мансардное окно является настоящим шедевром новых технологий, поскольку такое окно располагается на скате крыши под достаточно маленьким углом на-

клона. В результате мансардное окно гораздо сильнее подвержено внешним факторам воздействия, чем фасадное. Поэтому и рама, и сама конструкция такого окна должны быть очень прочными и герметичными. И если в выборе классического фасадного окна можно отдавать предпочтение какому-то определенному компоненту, то в случае мансардных окон жесткие требования выдвигаются ко всем параметрам. Рама, фурнитура, стеклопакет – все должно быть качественным и надежным.

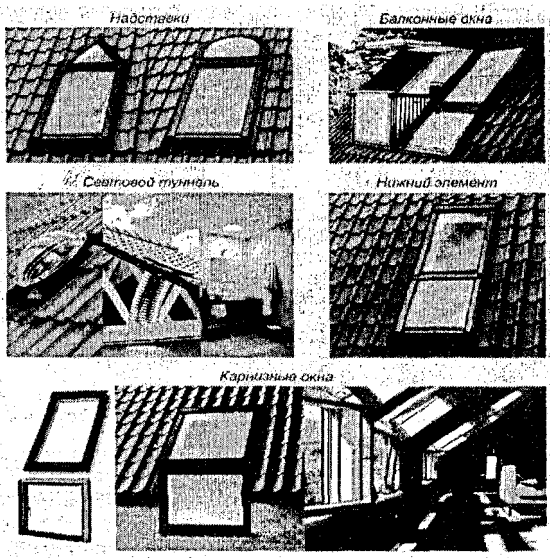


Рисунок 2 – Виды мансардных окон по конструктивным особенностям

Рама мансардного окна изготавливается из высококачественного клееного бруса древесины хвойных пород деревьев (чаще сосны). Готовая рама (коробка + створка) обрабатывается антисептическим раствором и покрывается несколькими слоями лака.

Фурнитура мансардного окна – это целая система запирания, включающая в себя ручку, запор, петли и т.п. На мансардных окнах различных производителей могут быть от одной до пяти точек запирания. Ручка мансардного окна в разных конструкциях имеет разное положение: сверху или снизу рамы мансардного окна.

В современных мансардных окнах устанавливается однокамерный стеклопакет, что обусловлено его низкой теплопроводностью и высокой безопасностью по сравнению с обычным стеклом и меньшим весом по сравнению с двух-трехкамерными стеклопакетами.

Для минимизации теплопотерь и устранения промерзания окна во время холодных пор года стеклопакеты мансардного окна комплектуются энергосберегающим стеклом.

Процесс проветривания комнаты в мансардном окне организован значительно лучше, чем в обычном вертикальном: поток теплого воздуха из помещения проходит над створкой мансардного окна, в то время как поток холодного воздуха с улицы проходит под ней, и потоки не соприкасаются, что увеличивает эффективность действия за небольшой промежуток времени.

Список цитированных источников

1. Сайт компании «Гипсмонтаж» [Электрон. ресурс]. – 2012. – Режим доступа: http://www.gmsgroup.ru/montazh-mansardnyx-okon.html – Дата доступа: 25.02.2013.

2. Сайт компании «FAKRO» [Электронный ресурс]. – 2006. – Режим доступа: http://www.fakro.ru/att/architekci/FTP_V_EZV.dwg – Дата доступа: 25.02.2013.
3. Строительный портал о том, как правильно построить частный загородный жилой дом (коттедж, дачу) своими руками. [Электронный ресурс] / «Gold-Cottage.ru» – 2012-2013. – Режим доступа: http://gold-cottage.ru/okna/mansardnye_okna_vidy_tipy.html – Дата доступа: 27.02.2013.
4. Сайт компании «ОККО» [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: http://www.okko.ru/statti.php?article=2 – Дата доступа: 02.03.2013.
5. Сайт компании «ДОМСТРОЙ» [Электронный ресурс]. – Москва, 2002-2013. – Режим доступа: http://www.gkds.ru/domstroy-mansardnye-okna-istoriya.html. – Дата доступа: 02.03.2013.
6. Электронный портал некоммерческой организации «Wikimedia Foundation, Inc.» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Мансардное_окно – Дата доступа: 04.03.2013.

УДК72(476.7)
Поляшенко О.Д., Скалкович Ю.С.
Научные руководители: ст. преподаватель Кароза А.И.;
ст. преподаватель Власюк Н.Н.

НЕИЗВЕСТНЫЕ ФАКТЫ ИЗ ИСТОРИИ АРХИТЕКТУРЫ Г. БРЕСТА

Целью данной работы является повышение интереса к исторической застройке города Бреста, к малоизвестным объектам архитектуры с их богатой историей.

Ни для кого не секрет, что Брест-это старый город с очень богатой историей. Знаменитые памятники, здания, храмы, музеи и мемориалы тому свидетельства.

Книги, интернет, газеты... Сейчас стоит лишь проявить немного интереса и без труда получишь ответ на любой интересующий тебя вопрос. Поэтому факты о том, например, что, изначально здание кинотеатра «Беларусь» строилось как синагога, а старый корпус педагогического университета в свое время был мужской гимназией, уже никого не удивляют. У большинства интерес вызывают те объекты, которые чаще попадаются на глаза – на страницах книг, сувенирных открытках, на буклетах о городе. А без внимания остаются не менее интересные объекты, ведь каждая улочка нашего города может рассказать свою удивительную историю.

Поставив перед собой задачу – посмотреть на родной Брест немного под другим углом, – мы отправились на поиски... Если спросить у брестчан, какую площадь города они назвали бы главной, то у большинства ответ бы совпал – площадь Ленина. Но задай мы тот же вопрос жителям Брест-Литовска век назад, они ответили бы нам абсолютно иначе. В то время главным местом города считалась Думская площадь. Расположена она была в центральной части города. На сегодняшний день площадь ограничена улицами Гоголя и Буденного. Век назад, в 1913 г. здесь располагались городские дума и управа, ратуша, публичная библиотека-читальня, булочные, общество покровительства животных, работали судья и агент страхового общества. Еще со средневековых времен в Европе установилось правило: город обязан иметь свои органы самоуправления. Ну, и здание, где народные избранники могли обсуждать городские проблемы и принимать с просьбами и пожеланиями сограждан. Брест первым из городов современной Беларуси получил в 1390 г. Магдебургское право – право на самоуправление по европейским меркам. Одним из символов самостоятельности была ратуша. Теперь, к сожалению, город не имеет такого важного сооружения.

Рассмотрим другие улицы города. «Советской» того времени можно было назвать улицу Тополёвую (нынешняя 17-го Сентября). На пересечении улицы 17 Сентября и проспекта Машерова, где сейчас находится жилой дом, в 1927-1938 гг. работала подпольная типография. В здании бывшей шестой спортивной школы в прошлом функционировала синагога.

А современную ул. К. Маркса раньше называли Медовой, Славянской, Зыгмунтовской.

В дореволюционный период на ней размещались частные дома знатных горожан, трактир, гостиница. Богатые жители Бреста могли позволить себе возведение домов с многофункциональным назначением. Владельцам зданий в конце XIX в. импонировал стиль ампир. Один за другим на улице строятся сложные в архитектурно-планировочном отношении дома. На первых этажах располагались магазины, небольшие гостиницы и ателье по предоставлению бытовых услуг. На вторых находились жилые помещения. Примером многофункционального предназначения здания является дом на углу современных улиц Карла Маркса и Буденного (сейчас в нем располагается областной краеведческий музей). Он был построен в 1888 г. и являлся своеобразным культурным центром города. В одном крыле располагалась гостиница «Петербургская», в другом первый этаж занимал ресторан, а второй – зимний театр.

На улице Карла Маркса расположено еще одно значимое здание. Оно принадлежало одному из самых знаменитых врачей города Павлу Королю. В одном флигеле он жил с женой и двумя сыновьями, другой использовался как приемный покой и врачебный кабинет. Врач и общественный деятель финансово поддерживал Брестскую русскую гимназию, действовавшую при Свято-Николаевской церкви. В 1939 году был арестован и отправлен в ссылку в Сибирь. После Великой Отечественной войны особняк использовался в качестве служебного жилья для руководителей Брестской области. В частности, здесь вместе с семьей проживал Петр Миронович Машеров.

Очередное здание расположено на пересечении современных улиц Советской и Пушкинской. Это всем известный кинотеатр "1 Мая". Раньше здесь был расположен женский пансион, известный с 1880-х годов. Интересный факт – здесь в свое время преподавал прадед Владимира Высоцкого. Известно, что, кроме гимназии, в начале XX в. на первом этаже здания помещались: аптекарский магазин, частная переплетная мастерская, парикмахерская "Зигмунд", со специализированным дамским салоном, кондитерская фабрика, а также кинотеатр. Его считают старейшим на территории Беларуси.

Обращая внимание на некоторые здания и впоследствии узнавая о них подробнее, мы заметили одну деталь: их спроектировал один и тот же человек. Это Николай Иванович Котович. Он обучался в крупнейшем в России архитектурно-строительном вузе – Санкт-Петербургском Институте гражданских инженеров и окончил его в 1899 г. Благодаря высокому уровню подготовки, от частных заказов не было отбоя. Он строил в столице многоэтажные доходные дома и для аристократов, и для богатых купцов и промышленников. Принимал заказы и из Брест-Литовска. По примерным подсчетам автору принадлежат более 20 проектов зданий в Бресте.

Интересным нам показалось здание на пересечении улиц К. Маркса и Гоголя. Теперь здесь расположился ресторан. Здание построено после пожара 1895 г., когда была уничтожена часть исторической застройки. Оно было выполнено в классицистической манере под влиянием популярного в 1920-е «стиля дворкового». В 1930 г. хозяева здания заказывают проект надстройки второго этажа Николаю Котовичу. Котович проектирует здание в своем особом «полесском стиле», сочетающем черты классицизма, модерна и конструктивизма. По-видимому, проект надстройки этажа не был осуществлен.

Еще одним примером творчества архитектора можно считать особняк Милевича, который находится в районе центрального рынка. Доктор Владислав Милевич был известным в межвоенном городе человеком – директор Городской больницы. Особняк планировочно был разделен на жилую и рабочую (в которой доктор вел прием) части.

Следующее здание находится на ул. Советской, 61. Оно было построено в 1931 г. как «Народный еврейский банк». На пилястрах до сих пор сохранился мощный фриз с надписью «ZYDOWSKI LUDOWY BANK». На первом этаже размещались: два магазина, вес-

тибюль с лестницей на второй этаж, двухкомнатная квартира с кухней, ванной комнатой, туалетом, два хранилища и помещение охраны. Второй этаж занимали: операционный зал, касса, контора, кабинет директора, зал заседаний, комната курьера, два туалета. Согласно ежегоднику «Брест-над-Бугом», в 1931 г. банк насчитывал 2100 клиентов.

Очередное здание – по ул. Комсомольской. Оно было построено по проекту архитектора Котовича в 1932 г. Один этаж здания занимало казино "ZjednoczonyKlubObywatelski". В конце 1930-х годов в здании размещался ресторан "Esplanada", по свидетельствам старожилов, лучший ресторан в довоенном городе по качеству кухни и обслуживанию. Здание было национализировано в 1940 г. и превращено в столовую (которая, кстати, упоминается в качестве ресторана в повести "В списках не числится»). Точно не установлено, как использовалось здание во время фашистской оккупации. Возможно, по-прежнему в качестве предприятия общественного питания.

Мы рассмотрели лишь малую часть исторических зданий Бреста, но на улицах города есть еще масса объектов, которые ждут, когда кто-то расскажет и их историю.

Выводы. Авторы исследования изучили множество малоизвестных зданий и сооружений города. Накоплено большое количество информации об интересных, уникальных и богатых историей архитектурных объектах.

Сделан вывод, что следует уделять больше внимания и повышать интерес горожан к исторической застройке.

Список цитированных источников

1. Бартеньев, А.И. Очерки истории Бреста. – М.: Искусство, 1996. – 383 с.
2. Свод памятников истории и культуры Белоруссии. Брестская область / АН БССР, ИН-т искусствоведения, этнографии и фольклора. – Мн.: БелСЭ, 1990. – 424 с.

УДК 681.3: 634.04

Семенюк О.С.
Научный руководитель: д.т.н., профессор Тур В.В.

ПРИМЕНЕНИЕ БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРЫ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ САМОНАПРЯЖЁННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Введение. При возведении конструкций, эксплуатирующихся в условиях агрессивных сред, а также в зданиях и сооружениях специального назначения, широкое распространение получили бетонные элементы, в которых в качестве рабочих стержней применяются полимерные композиты, армированные волокнами (англ. fiber reinforced polymer (FRP) composites). В качестве полимерной матрицы в композитных стержнях применяют различные термореактивные (матрицы, полученные отвердением эпоксидных, эфирных, имидных, кремнийорганических и других олигомеров в процессе изготовления композитов), термопластичные (матрицы, которые расплавляются для пропитки наполнителя – ПЭ, ПП, сульфиды, кетоны), гибридные (матрицы, которые сочетают в себе термореактивные и термопластичные полимеры) полимеры, а для их армирования используют волокнистые материалы из стекла, полимеров, базальта, углерода и других материалов. Подробная классификация и основные свойства этих материалов могут быть найдены в работе [1], а также технических документах [2].К достоинствам армированных пластиков следует отнести высокую прочность при низкой плотности; большую коррозионную устойчивость по сравнению со сталью; возможность регулирования в широких пределах тепло- и электропроводности, а также радиопрозрачности в зависимости от типа применяемых армирующих волокон.

В дальнейшем в работе будут исследоваться процессы, связанные с работой в конструкциях базальтовой арматуры, поэтому подробнее рассмотрим её физико-механические характеристики. Характеристики базальтовой арматуры приведены в табл. 1. Вид применённой базальтовой арматуры представлен на рис. 1. Применение базальтовой арматуры в современном строительстве – при строительстве моста в Канаде (показано на рис. 2).



Рисунок 1 – Стержневая базальтовая арматура



Рисунок 2 – Применение базальтовой арматуры при строительстве моста, Канада

Таблица 1 – Характеристики базальтовой арматуры

Показатель	Единицы измерения	Значение
Диаметр	мм	2,5 – 16
Длина	м	До 12 (диаметр до 8 мм – в бухтах)
Прочность при растяжении	МПа	1200
Модуль упругости	МПа	50000 – 55000
Плотность	г/см³	2,0
Коэффициент теплопроводности	Вт / м°С	< 0,46
Относительное равномерное удлинение при разрыве	%	2,5
Показатели безопасности:		
Электропроводность		диэлектрик (при необходимости возможно придание электропроводных свойств)
Коррозионная и химическая устойчивость		очень высокая
Магнитная характеристика		не намагничивается
Теплостойкость	°С	до 300

Следует отметить, что при достаточно высоких прочностных характеристиках (средняя прочность до 1200 Н/мм²), полимерные композиты, армированные волокнами, имеют достаточно низкий, практически соизмеримый с бетоном, модуль упругости (от 32 до 55 ГПа), что создаёт сложности с их применением. Основные проблемы на стадии проектирования возникают при проверках предельных состояний эксплуатационной пригодности (ограничение ширины раскрытия трещин и прогибов). В соответствии с достаточно консервативными рекомендациями fib [1] при проверках предельных состояний несущей способности следует использовать частный коэффициент $\gamma_{cf} = 1{,}5$, существенно снижая расчётное сопротивление такой арматуры по отношению к характеристическому значению прочности, а при проверках предельных состояний эксплуатационной пригодности ограничивать уровень напряжений до $0{,}3 \cdot f_{cf}$.

Учитывая, что практически до достижения предельных значений относительных деформаций полимерный композит работает упруго, существует возможность выполнить с

его применением предварительное напряжение конструкций, повысив эффективность работы армирующих стержней. Вместе с тем, как показывает опыт, осуществить натяжение таких стержней с помощью традиционных технологий достаточно трудоёмко, а часто просто нереализуемо (необходимость изготовления специальных анкерных приспособлений, натяжных устройств, особые условия твердения при ограничении технологических температур и т.д.). В этих случаях эффективным, на наш взгляд, может быть применение физико-химического способа предварительного напряжения, основанного на применении напрягающего бетона. Экспериментально-теоретические основы предварительного напряжения конструкций с применением напрягающего бетона представлены в работе [3]. В работе [4] представлена гипотеза условного армирования, в соответствии с которой любое ограничение, препятствующее свободному развитию деформации расширения, может быть представлено некоторым эквивалентом стального армирования, исходя из равенства жесткостных характеристик ограничивающих связей. Такой подход в первом приближении даёт возможность воспользоваться мультипликативной моделью проф. Михайлова В.В., Литвера С. Л., Будаянца Л.И. [3], усовершенствованной проф. Туром В.В. и внесённой в ТКП 45-5.03-158 [1].

Следует отметить, что при применении стальной ограничивающей арматуры относительно высокие напряжения получают при малых относительных деформациях ограничивающих связей, которые впоследствии могут быть погашены за счёт усадки в воздушно-сухих условиях эксплуатации. При равных уровнях самонапряжения стержень из полимерного композита, имеющий значительно меньший модуль упругости и, как следствие, меньшую жёсткость по сравнению со стальной арматурой, позволяет получить большие деформации несвободного расширения и тем самым сохранить больший уровень самонапряжения после протекания процессов усадки в условиях воздушно-сухой среды.

В соответствии с [5] относительную деформацию на уровне центра тяжести ограничивающей арматуры следует определять по формуле:

$$\varepsilon_{s,CE} = \frac{1}{\rho_l \cdot E_s} \cdot f_{CE,d} \cdot k_s \cdot k_\rho \cdot k_e \cdot k_w \cdot k_0, \qquad (1)$$

где ρ_l – суммарный коэффициент армирования сечения; $f_{CE,d}$ – расчётное самонапряжение бетона (Н/мм²); E_s – модуль упругости стальной арматуры; $k_s, k_\rho, k_e, k_w, k_0$ – коэффициенты, определяемые согласно [5].

В случае применения арматуры из полимерных композитов, армированных волокнами, в формуле (1) вместо ρ_l следует использовать эквивалентный коэффициент армирования $\rho_{l,eff}$, который может быть определён из равенства осевых жесткостей ограничивающих связей при работе материалов в упругой стадии:

$$A_{c,f} \cdot E_{c,f} = A_{s,eff} \cdot E_s, \qquad (2)$$

где $A_{c,f}$ – площадь арматуры из полимера, армированного волокнами; $A_{s,eff}$ – эквивалентная площадь стальной арматуры; $E_{c,f}$ – модуль упругости арматуры из полимерных композитов, армированных волокнами.

С учётом выражения (2)

$$\rho_{l,eff} = \frac{A_{s,eff}}{A_c} = \frac{\alpha_f \cdot A_{c,f}}{A_c}, \qquad (3)$$

где A_c – площадь полного бетонного сечения; $\alpha_f = \frac{E_{c,f}}{E_s}$.

Усилие $P_{0,CE}$, возникающее в ограничивающей арматуре вследствие расширения напрягающего бетона, с учётом выражения (3), используемого при определении величины $\varepsilon_{s,CE}$, определяется по формуле:

$$P_{0,CE} = \varepsilon_{s,CE} \cdot A_{c,f} \cdot E_{c,f}. \quad (4)$$

Самонапряжение $\sigma_{0,CE}$ на уровне наиболее растянутой при нагружении грани сечения рассчитывается по формуле:

$$\sigma_{0,CE} = \frac{P}{A_c} + \frac{P \cdot e_s}{W_c}. \quad (5)$$

Список цитированных источников

1. FRP Reinforced for reinforced concrete structures: fib / Task Group 9.3 (Fiber Reinforced Polymer) Reinforcement for Concrete Structures. – Lausanne, Switherland, 2005.
2. Guide for the Design and Construction of Concrete Structures Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer Bars: CNR-DT 203/2006.
3. Расширяющиеся и напрягающиеся цементы и самонапряжённые конструкции: учебное пособие / В.В. Михайлов, С.Л. Литвер. – М.: Стройиздат, 1974. – 389 с.
4. Экспериментально-теоретические основы предварительного напряжения конструкций при применении напрягающего бетона: научное издание / В.В. Тур. – Брест: изд. БрПИ, 1998. – 246 с.
5. Бетонные и железобетонные конструкции из напрягающего бетона: ТКП 45-5.03-158-2009 / Министерство архитектуры и строительства РБ. – Мн.: Минстройархитектуры, 2010. – 28 с.

УДК 681.3: 634.04

Семенюк О.С.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Тур В.В.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОСТИГАЕМОЙ ВЕЛИЧИНЫ САМОНАПРЯЖЕНИЯ В САМОНАПРЯЖЁННЫХ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ С АРМИРОВАНИЕМ В ВИДЕ БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРЫ

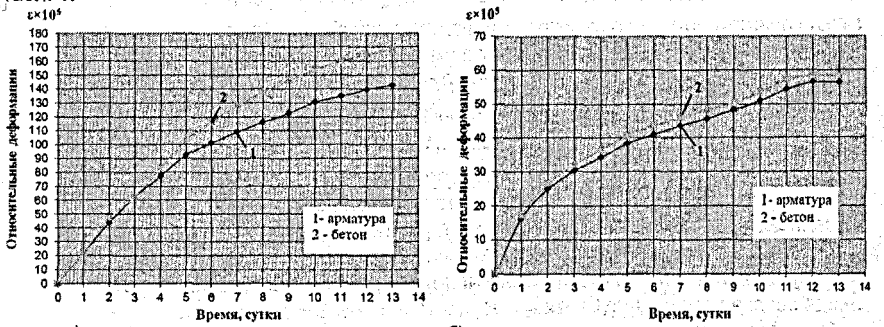
Экспериментальные исследования. С целью проверки предложенных теоретических подходов к оцениванию величины самонапряжения в элементах, армированных стержнями из полимерных композитов, были выполнены специальные постановочные лабораторные исследования на балках-образцах прямоугольного сечения, армированных отдельными стержнями. Переменными параметрами в испытаниях являлись: вид бетона, вид ограничения (стальная арматура, базальтопластиковая арматура), условия хранения опытных балок.

Были испытаны следующие образцы: серия I – балка из напрягающего бетона, армированная базальтопластиковой арматурой; серия II – балка из напрягающего бетона с объёмным фибровым армированием, армированная базальтопластиковой арматурой; серия III – балка из обычного бетона, армированная базальтопластиковой арматурой. Изготавливали балки прямоугольного сечения размером 100х200 мм, длиной 1500 мм, армированные одним базальтопластиковым стержнем, расположенным в растянутой зоне бетона с защитным слоем 40 мм.

В качестве инертных заполнителей для напрягающего бетона использовали гранитный щебень фракции 5-10 мм и песок с модулем крупности 2,4. Водоцементное отношение было назначено равным W/C = 0,33. Состав бетонной смеси на 1 м^3 в сухом состоянии: НЦ – 600 кг; щебень – 600 кг; песок 960 кг. Расход материалов на 1 м^3 напрягающего бетона аналогичен расходу материалов для приготовления фибробетона (расход стальной фибры на 1 м^3 фибробетона составлял 185 кг, или 2,37% по объёму и 7,4% по

массе). Для достижения требуемой удобоукладываемости применяли гиперпластификатор на поликарбоксилатной основе. Основные физико-механические характеристики напрягающего бетона, использованного при изготовлении опытных балок, определяли по методике, описанной в СТБ 2101-2010 [1]. Применяли напрягающий бетон (самонапряжение в стандартных кондукторах 1,65 Н/мм², средняя призменная прочность на сжатие в свободном состоянии 35,5 Н/мм²) и напрягающий фибробетон (самонапряжение в стандартных кондукторах 1,0 Н/мм², средняя призменная прочность на сжатие в свободном состоянии 48,0 Н/мм²). Для ограничения деформаций расширения в продольном направлении напрягающего бетона и напрягающего фибробетона образцов-балок использовали базальтопластиковую (временное сопротивление 1200 Н/мм², модуль упругости 55000 Н/мм²) и стальную класса S500 (характеристическая прочность $f_{yk} = 500$ Н/мм², модуль упругости 203000 Н/мм²) арматуру диаметром 12 мм. Изготовленные в соответствии с принятой программой эксперимента опытные образцы до проведения статических испытаний на стадии расширения напрягающего бетона хранили во влажных условиях под плёнкой (кроме балки серии III).

Результаты испытаний на стадии самонапряжения и их краткий анализ. Графики, показывающие изменение во времени относительных деформаций ограничивающей арматуры и окружающего бетона, зарегистрированные в процессе твердения напрягающего бетона на стадии расширения, показаны на рис. 1, а максимальные значения относительных деформаций к моменту стабилизации расширения приведены в табл. 1.



а) – балка серии I; б) – балка серии II

Рисунок 1 – Графики изменения относительных деформаций на уровне ограничивающей арматуры и бетона опытных образцов во времени

Как видно из полученных данных, наибольшие относительные деформации в ограничивающей арматуре получены для балки серии I, выполненной из напрягающего бетона ($\varepsilon_{s,CE,f} = 143 \cdot 10^{-5}$). В балке серии II, выполненной из напрягающего бетона, дополнительно армированной стальной фиброй, относительные деформации ограничивающей арматуры оказались в 2,5 раза меньше по сравнению с балкой серии I и ожидаемыми значениями относительных деформаций, определяемых по формуле (1). Следует отметить, что относительные деформации напрягающего бетона, армированного стальной фиброй, зарегистрированные по измерениям в силовых кондукторах по СТБ 2101-2010 [1], оказались в 1,65 раза меньше, чем в стандартных. Исходя из этого, можно утверждать, что объёмное армирование в виде стальной фибры создаёт дополнительное ограничение деформациям расширения.

Таблица 1 – Опытные и теоретические значения относительных деформаций и самонапряжения

Серия	Фактическая площадь бетонного сечения после стабилизации процессов расширения A_c, см²	Эксцентриситет e_s, см, приложения усилия обжатия P, расположенного на уровне центра тяжести ограничивающей арматуры	Суммарный коэффициент армирования сечения в пересчёте на стальную арматуру, $\rho_{l,eff}$, %	Относительная деформация арматуры $\varepsilon_{s,r}\cdot10^5$ к моменту стабилизации расширения		(6)/(5)	Усилие P, кН, возникающее в арматуре вследствие самонапряжения бетона		Самонапряжение $\sigma_{0,cE}$, МПа, в бетоне на уровне центра тяжести бетонного сечения	
				опыт	расчёт по формуле (1)		опыт	расчёт по формуле (4)	опыт	расчёт по формуле (5)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	218,36	6,74	0,13	143	165,2	1,2	8,08	9,32	1,1	1,26
II*	206	6,74	0,14	56,3	$\frac{146,9}{64,26}$	$\frac{2,6}{1,1}$	3,18	$\frac{8,3}{3,63}$	0,46	$\frac{1,19}{0,52}$

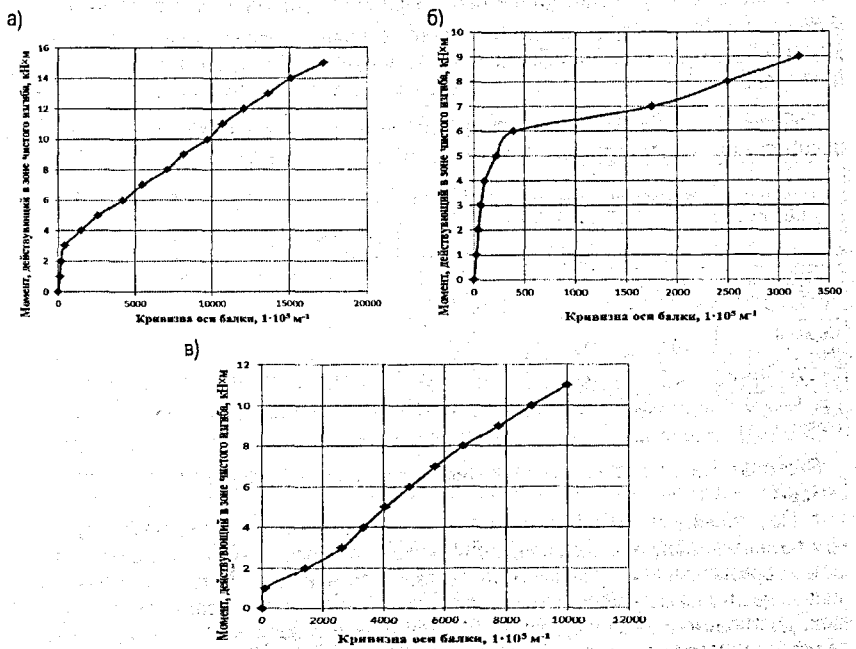
Примечание: *Числитель – показатели при расширении напрягающего бетона без учёта ограничивающего влияния стальной фибры, знаменатель – показатели после пересчёта с учётом ограничивающего влияния стальной фибры.

В соответствии с [2] в данном случае ориентировочное значение суммарного коэффициента армирования должно составлять $\rho_{l,sum} \approx 1,68$ %. Тогда в первом приближении можно принять, что для балки серии II, изготовленной из напрягающего бетона со стальной фиброй, суммарный коэффициент армирования в продольном направлении должен составлять $\rho_{l,sum} \approx 0,143 + 0,68 = 0,823$ %. Для данного коэффициента армирования скорректированное значение связанной относительной деформации должно составлять $\varepsilon_{s,CE,f(th)} = 64,3\cdot10^{-5}$. Как видно из данных, представленных в табл. 1, скорректированное расчётное значение значительно ближе к полученному в опытах. Вместе с тем, требуются дополнительные специальные исследования, которые позволят обоснованно подойти к оцениванию самонапряжения в условиях ограничения деформаций расширения стальной фиброй в зависимости от её объёмного (или весового) содержания в бетонной смеси.

Результаты статических испытаний и их краткий анализ. После стабилизации процесса расширения балки подвергали статическим испытаниям.

По зафиксированным в процессе статических испытаний показаниям индикаторов, установленных на уровнях сжатого бетона и растянутой арматуры, были построены графики зависимости изгибающего момента, действующего в зоне чистого изгиба, от кривизны оси балки. На рис. 2 показаны графики зависимости «момент-кривизна» (М-1/r), полученные при испытаниях опытных образцов-балок. Как видно из приведенных графиков, в начальной стадии нагружения до появления первых трещин нормального отрыва в зоне чистого изгиба изгибная жёсткость балок всех серий была примерно равной. После образования трещин наблюдали изменение изгибной жёсткости. Первые трещины в балках, выполненных из бетона на портландцементе, образовались при нагрузке P_{crc} = 10 кН (M_{crc} = 2,0 кН·м). При дальнейшем увеличении нагрузки образовавшиеся трещины раскрывались. Изгибная жёсткость при этом оставалась постоянной вплоть до момента разрушения (см. рис. 2). Такой характер деформирования является свойственным для элементов, армированных полимерными композитами. На графике зависимости «М-1/r» отсутствует участок пластического деформирования, разрушение происходит хрупко в результате раздавливания бетона сжатой зоны. Практически аналогичную картину деформирования наблюдали для балок, выполненных из напрягающего бетона,

с тем отличием, что момент образования трещин составил M_{crc} = 3,74 кН·м (в 1,87 раз выше по сравнению с базовым образцом из бетона на портландцементе). Наибольшее значение нагрузки трещинообразования (P_{crc} = 35,0 кН), а соответственно и момента трещинообразования (M_{crc} = 7,0 кН·м), было получено для балок, изготовленных с применением комбинированного армирования стальной фиброй и базальтопластиковой арматурой.



а) – балка серии I; б) – балка серии II; в) – балка серии III

Рисунок 2 – Графики зависимости «момент-кривизна», полученные при испытании опытных образцов-балок

По полученным и обработанным результатам статических испытаний были произведены расчёты усилия $P_{0,CE}$, возникающего в арматуре вследствие самонапряжения бетона, и самонапряжения σ_{CE} в бетоне на уровне центра тяжести бетонного сечения. Расчёты производились по следующим формулам:

$$P_{0,CE} = \frac{M_{crc} - f_{ctk} \cdot W_{pl}}{(e_s + r_y)}, \qquad (6)$$

где M_{crc} – момент трещинообразования, определённый по графику зависимости изгибающего момента, действующего в зоне чистого изгиба, от кривизны оси балки; f_{ctk} – характеристическая прочность бетона на растяжение; W_{pl} – пластический момент сопротивления бетонного сечения; e_s – эксцентриситет приложения усилия обжатия $P_{0,CE}$, расположенного на уровне центра тяжести ограничивающей арматуры; r_y – расстояние от центра тяжести бетонного сечения до верхней ядровой точки.

$$\sigma_{0,CE} = \frac{M_{crc}}{W_{pl}} - f_{ctk}. \quad (7)$$

По результатам выполненных статических испытаний, в частности по полученным значениям моментов образования трещин, было выполнено оценивание достигнутой величины усилия в ограничивающей арматуре и самонапряжения бетона на уровне наиболее растянутой грани сечения. Сравнение результатов вычисления усилия $P_{0,CE}$, возникающего в арматуре вследствие самонапряжения бетона, и самонапряжения $\sigma_{0,CE}$ в бетоне на уровне центра тяжести бетонного сечения, полученных на стадии самонапряжения и по результатам обработки данных, полученных в ходе статических испытаний, приведено в табл. 2.

Таблица 2 – Сравнение результатов, полученных на стадии самонапряжения и в ходе обработки данных статических испытаний

Серия	Усилия образования трещин		Усилие обжатия $P_{0,CE}$, кН		Самонапряжения $\sigma_{0,CE}$, МПа	
	P_{crc}, кН	M_{crc}, кН·м	стадия расширения	статические испытания	стадия расширения	статические испытания
Серия I (НЦ)	15,0	3,0	$\frac{8,08}{9,32}$	12,29	$\frac{1,1}{1,26}$*	1,07
Серия II (НЦ+SF)	20,0	4,0	$\frac{3,18}{8,3}$	16,38	$\frac{0,46}{1,19}$	1,43
Серия III (ПЦ)	5,0	1,0	–	–	–	–

Примечание: *Числитель – значение, полученное в ходе опыта, знаменатель – расчёт по формуле (5) согласно [3].

Выводы. На основании выполненных постановочных исследований можно сделать выводы:

1. Применение стержней из полимерных композитов совместно с напрягающим бетоном позволяет получить самонапряжённую конструкцию, которая в отличие от традиционных, армированных стальными стержнями, получает значительно большие по величине относительные деформации ограничивающей связи при практически равной величине достигаемого самонапряжения. В силу низкой осевой жёсткости ограничивающей связи появляется возможность выполнить натяжение ограничивающей арматуры физико-химическим способом при значительных относительных деформациях и, тем самым, минимизировать их потери от последующей усадки бетона.

2. В результате дополнительного объёмного ограничения в виде стальной фибры наблюдали снижение продольных относительных деформаций на уровне ограничивающей арматуры. Вместе с тем, выполненные статические испытания показали, что балки, изготовленные из сталефибробетона на основе напрягающего цемента, имели наибольшие значения самонапряжения по сравнению с балкой серии I (момент образования трещин для сталефибробетонной балки серии II превышал момент образования трещин для балки серии III, выполненной из бетона на основе портландцемента в 4 раза, а для балок серии II из напрягающего бетона в 1,33 раза)

3. В процессе расширения бетона балок не наблюдалось проскальзывания арматуры, что свидетельствует о наличии достаточных сил сцепления применённой базальтопластиковой арматуры с бетоном (что в свою очередь свидетельствует об эффективности применяемого заводом-изготовителем покрытия поверхности арматуры минеральной посыпкой) и отсутствии значительного разупрочнения контактной зоны вследствие расширения бетонной матрицы (с целью его снижения в приопорных зонах длиною 500 мм было установлено косвенное армирование).

Список цитированных источников
1. Бетоны напрягающие: СТБ 2101-2010 / Госстандарт РБ. – Мн.: Госстандарт, 2011. – 19 с.
2. Расширяющиеся и напрягающиеся цементы и самонапряжённые конструкции: учебное пособие / В.В. Михайлов, С.Л. Литвер. – М.: Стройиздат, 1974. – 389 с.
3. Beton Ekspansywy / M. Król, W. Tur. – Warszawa: Arkady, 1999. – 240 s.

УДК 624.155
Фалько Ю.А., Фундамент С.В.
Научный руководитель: доцент Чернюк В.П.

РАСЧЁТ ОПТИМАЛЬНОГО УГЛА ЗАОСТРЕНИЯ СВАИ ИЗ УСЛОВИЯ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ ГРУНТА

Важное значение в системе капитального строительства придается свайному фундаментостроению. Немаловажную роль в этом направлении играет энергоемкость погружения свай и несущая способность свайных фундаментов. Одним из многих путей повышения эффективности и снижения энергоемкости погружения свай являются установление оптимальной формы и рационального угла заострения свай при их забивке в грунт.

Обзор экспериментальных и теоретических исследований зависимости усилия погружения сваи от формы и угла заострения наконечника сваи, профиля или вертикального элемента [1, 2] показывает, что задача сводится в основном к определению угла заострения симметричного клина, конуса, ножа или пирамиды, при котором сопротивление грунта будет минимальным.

Определим оптимальную форму и угол заострения наконечника и режущих профилей из условия (или для) образования опережающих трещин разрыва грунта (трещинообразования) впереди сваи (при условии отсутствия уплотненных ядер грунта).

Анализ большого количества отечественных и зарубежных теоретических и экспериментальных исследований в области свайного фундаментостроения, механики грунтов, землеройно-транспортных машин, машиноведения и др. показывает, что при забивке свай или их моделей в грунт наблюдаются следующие явления: непосредственно под острием сваи в грунте при углах заострения 2α >50°образуется ядро повышенного давления; слишком тупое острие восполняется ядром повышенного давления; вся масса грунта внутри уплотненного ядра имеет максимальную при данном давлении грунта плотность; формы изобар и линии, ограничивающие уплотненное ядро под острием сваи, близки к сфере; в некоторых случаях (при оптимальных углах заострения свай, при определенном виде, влажности, плотности и т.д.) под наконечником свай наблюдается образование опережающих трещин разрыва грунта, идущих перед острием или лезвием ножа.

Попытаемся определить условия и конкретные углы заострения наконечника 2α, приводящие к образованию трещин в грунте под сваями. С целью упрощения рассуждений ограничимся цилиндрической формой боковой поверхности свай и конической формой наконечника (рис. 1).

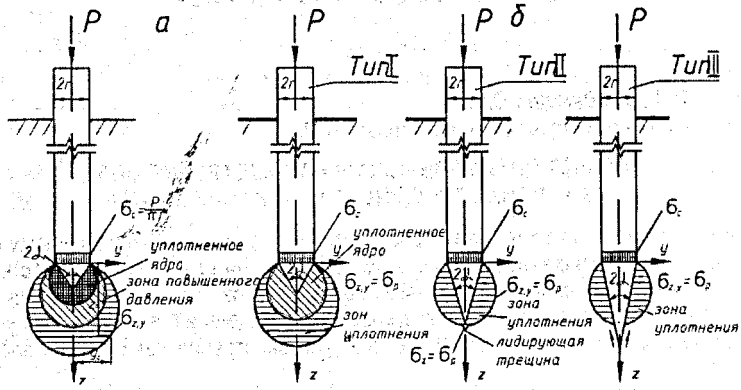
Распределение давлений в грунте при приложении точечной нагрузки (рис.1а), к которой может быть приравнена забивка свай из-за значительно меньших размеров поперечного сечения по сравнению с длиной, определяется из выражения:

$$\sigma_{z,y}=\frac{3}{2\pi\left[1+\left(\frac{y}{z}\right)^2\right]^{\frac{5}{2}}}\cdot\frac{P}{z^2}, \qquad (1)$$

где $\sigma_{z,y}$ – давление в грунте на расстоянии y,z от сваи;

y, z – текущие координаты точек изобар в плоскости погружения сваи;

P – величина приложенной нагрузки к наконечнику сваи.



I – при 2α>2; II – 2α = 2; III – 2α<2

Рисунок 1 – Распределение напряжений в грунте под сваей (а) и возможные случаи погружения свай при различных углах заострения наконечников (б)

Так как $\sigma_c = P / \pi r^2$, где σ_c – напряжения сжатия (смятия) грунта под торцом сваи при её погружении в грунт, а r – наружный радиус сваи, распределение напряжений в грунте под острием наконечника сваи при y = 0 будет определяться из упрощённого выражения:

$$\sigma_z = \frac{3}{2}\sigma_c \frac{r^2}{z^2} \qquad (2)$$

или

$$z = r\sqrt{\frac{3\sigma_c}{2\sigma_z}}. \qquad (3)$$

Выясним, при каких условиях произойдёт образование лидирующей трещины разрыва в напряжённом грунте впереди сваи. Как наиболее благоприятный, будем считать случай при $2\alpha = 2\alpha_{опт}$. Наиболее вероятно это произойдёт на границе напряжённого состояния грунта с давлением $\sigma_z = \sigma_P$, вдоль продольной оси сваи, где σ_P – предельные напряжения разрыва грунта. В этом случае лезвие или острие наконечника сваи при приложении нагрузки раскроет трещину. При этом в грунте должен возникнуть клиновый эффект, образующий трещины, который и наблюдали некоторые исследователи, например, А.Н. Зеленин и др. [3,4]. При $2\alpha > 2\alpha_{опт}$ свая будет продавливаться в грунте без образования трещин, но с возникновением уплотнённых ядер, а при $2\alpha < 2\alpha_{опт}$ – без образования трещин и уплотнённых ядер, но с наличием больших касательных сил сцепления грунта с гранями наконечника. Поэтому в двух последних случаях энергоёмкость погружения будет выше, чем при $2\alpha = 2\alpha_{опт}$.

На рис. 1 а, б, в представлены три случая погружения свай при различных углах заострения наконечника.

Исходя из этих предпосылок, значение оптимального угла заострения наконечника сваи может быть получено из выражения (3)

$$2\alpha_{опт} = 2arctg\frac{r}{z} = 2arctg\sqrt{\frac{2\sigma_p}{3\sigma_c}}. \quad (4)$$

Учитывая большой разброс предельных значений напряжений сжатия и растяжения грунта $\sigma_c \sigma_c$ и σ_p для различных грунтов, и даже в пределах одного вида грунта, проведён литературный анализ по различным источникам с целью выявления максимальных и минимальных значений (предельных) соотношения σ_c/σ_p, входящего в формулу (4), как для мёрзлых, так и для немёрзлых грунтов.

Результаты этого анализа и подсчётов по формуле (4) углов заострения наконечников свай приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Значения оптимальных углов заострения наконечников свай $2\alpha_{опт}$ для различных видов грунтов

№ п/п	Грунты	σ_c/σ_p	$2\alpha_{опт}$, град
	Мёрзлые		
1	Пески	3...7	50...36
2	Супеси	2,4...4	52...45
3	Суглинки	2,5...5	52...40
4	Глины	3...5,5	50...39
	Немёрзлые		
1	Пески	30...40	17...15
2	Супеси	10...30	30...17
3	Суглинки	4...10	45...30
4	Глины	2,5...7	52...36

Как видно из представленных в таблице значений, оптимальными являются углы заострения наконечников свай для мёрзлых и связных не мёрзлых грунтов $2\alpha_{опт} = 36...52^0$, что достаточно точно совпадает с теоретическими исследованиями при минимальном усилии погружения свай [1, 5].

Для сыпучих немёрзлых грунтов (песков и супесей), в особенности рыхлых, обладающих мизерными значениями напряжений разрыва грунта, угол заострения наконечников свай должен уменьшаться до минимальных значений, что подтверждается реальными практическими данными (табл. 1).

Преимуществом данного метода расчёта, наряду с простотой, является то, что оптимальный угол заострения наконечников свай определяется расчётным путём из аналитического выражения в зависимости от предельных величин напряжений сжатия и разрыва, являющихся важными нормативными характеристиками всех видов грунтов.

Список цитированных источников

1. Спиридонов, В.В. Определение оптимальной формы заострения наконечника сваи при погружении в грунт / В.В. Спиридонов, В.П. Чернюк, В.Н. Пчелин // Проектирование и строительство трубопроводов и газонефтепромысловых сооружений: научно-технический реферативный сборник. – М.: Информнефтегазострой, 1982. – Вып. 9. – С. 28-32.

2. Тимошенко, В.К. Определение формы заострения вертикального ножа при минимальном усилии резания грунта // Строительные и дорожные машины. – М., 1971. – №1. – С. 16-17.

3. Зеленин, А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами. – М.: Машиностроение, 1968. – 376 с.

4. Зеленин, А.Н. Машины для земляных работ // Основы разруш. грунтов, моделир. процессов, прогнозиров. параметров / А.Н. Зеленин, В.Н. Баловнев, И.П. Керов. – М.: Машиностроение, 1975. – 424 с.

5. Чернюк, В.П. Расчёт, проектирование и устройство свайных фундаментов / В.П. Чернюк, П.С. Пойта. – Брест: Облтипография, 1998. – 215 с.

УДК 624.155
Фундамент С.В.
Научный руководитель: доцент Чернюк В.П.

СВАЙНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ И ОПОРЫ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Тремя эффективными, на наш взгляд, разработками свай и свайных фундаментов в строительстве являются технические решения кафедры технологии строительного производства Брестского государственного технического университета: свайная опора (патент РБ на полезную модель №8603), буронабивная свая (патент №8370) и третья разработка – свая (заявка на патент РБ).

Свайная опора, по сравнению с другими аналогичного назначения, весьма проста в изготовлении, минимально металлоёмка (металлический только ствол), дешева и технологична в производстве. На таких опорах можно возводить заборы, ворота, строить дачные, приусадебные здания и другие самые разнообразные надземные сооружения.

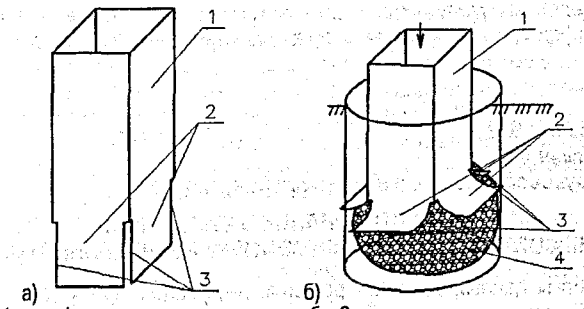
Свайная опора до погружения в скважину представляет собой профильную металлическую трубу 1 с раскрывающимися лопастями 2, изготовленными из разрезанных продольными прорезями 3 участков стенки на нижнем конце трубы (рис.1а). Сама труба 1 в поперечном сечении выполнена квадратного коробчатого профиля (патент №8603). Также она может быть изготовлена и прямоугольного коробчатого сечения. Оба типа коробчатых профилей выпускаются отечественной промышленностью, и они дешевле круглых металлических труб, приблизительно равных с коробчатыми по площади поперечного сечения ствола. Продольные прорези 3 выполняют на боковых рёбрах трубы 1 с помощью фрезы или резца на фрезерном или отрезном станках, газового или керосинового резака либо, даже, на заточном (шлифовальном) станке, а также вручную с использованием ножовки по металлу. Причём, чем больше длина лопастей 2 и длина продольных прорезей 3, тем больше будет раскрытие лопастей в скважине и тем больше будет создаваться уширение в грунте.

После пробуривания в грунте скважины любым инструментом, механизмом, устройством или машиной требуемой глубины и большего(по сравнению с размерами поперечного сечения трубы 1) диаметра в неё опускают (сбрасывают) теряемый башмак 4, предварительно отобранный из природного или искусственного камня в виде валуна округлой формы или шарообразного тела, а затем приступают к раскрытию лопастей 2 путём забивки трубы 1 (рис.1б). В связи с большими размерами башмака 4 в поперечном сечении (по сравнению с размерами поперечного сечения трубы 1), но меньшими по сравнению с диаметром скважины, лопасти 2 трубы 1 начинают скользить и разъезжаться по башмаку 4 (валуну) в стороны и врезаться в стенки скважины, создавая в ней уширение и саму свайную опору.

После достаточного раскрытия лопастей 2 в скважине (о чём можно судить визуально и инструментально на осадке трубы 1 в скважине) приступают к послойной обратной засыпке скважины грунтом, песком, щебнем с тщательным уплотнением каждого слоя. В результате в грунте образуется свайная опора весьма высокой несущей способности по грунту основания на действие как вертикальной вдавливающей нагрузки, так и горизонтальной.

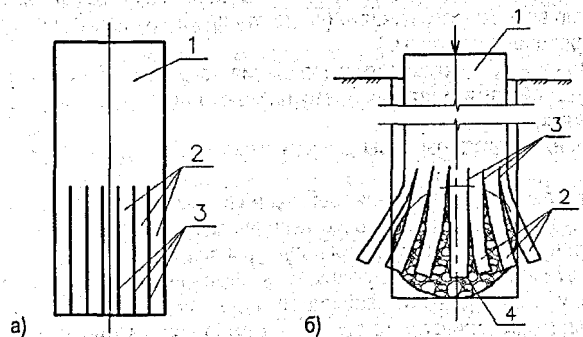
В БрГТУ разработаны также второй (патент РБ №8370) и третий (заявка на патент РБ) варианты устройства свайных опор (бурозабивная свая и свая), отличающихся от первого формой выполнения ствола и материалом сваи.

В бурозабивной свае ствол выполнен круглым из металлической трубы 1 с раскрывающимися лопастями 2, выполненными из разрезанных продольными прорезями 3 участков стенки на нижнем конце ствола (рис. 2а). В дальнейшем под воздействием забивки лопасти 2 в скважине раскрываются, превращаясь в свайную опору в грунте (рис. 2б).



1 – профильная металлическая труба; 2 – раскрывающиеся лопасти; 3 – продольные прорези; 4 – шарообразное тело (валун)

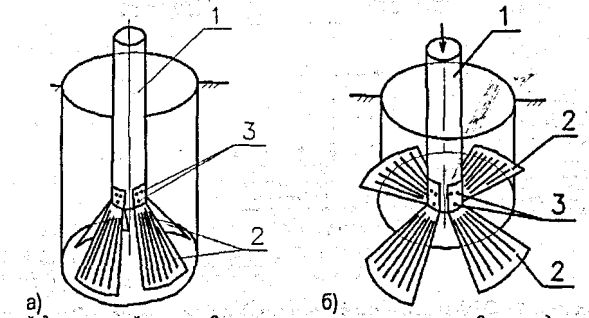
Рисунок 1 – Свайная опора до (а) и после (б) погружения в скважину и раскрытия лопастей



1 – круглая металлическая труба; 2 – раскрывающиеся лопасти; 3 – продольные прорези; 4 – шарообразное тело (валун)

Рисунок 2 – Бурозабивная свая до (а) и после (б) погружения в скважину и раскрытия лопастей

В свае ствол 1 выполнен деревянным из круглого леса (кругляка), а раскрывающиеся лопасти 2-металлическими, прикреплёнными к стволу гвоздями или шурупами 3 (рис. 3а). Раскрытие лопастей 2 в скважине выполняют также забивным способом (рис. 3б).



1 – круглый деревянный ствол; 2 – раскрывающиеся лопасти; 3 – гвозди или шурупы

Рисунок 3 – Свая до (а) и после (б) погружения в скважину и раскрытия лопастей

В остальном конструкции свайной опоры, бурозабивной сваи и сваи схожи, а технологии их устройства в предварительно пробуренные в грунте скважины аналогичны.

При определённых условиях все три конструкции могут принести значительный экономический эффект от внедрения в практику строительства, в частности на слабых грунтах РБ.

УДК 338.364:657.922
Хоронжевская А.Ю.
Научный руководитель: к.э.н., доцент Кочурко А.Н.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ «ОЦЕНКА ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ СРАВНИТЕЛЬНЫМ МЕТОДОМ»

Создание базы данных включает решение двух задач: проектирование структуры и реализацию. При проектировании базы данных решаются две основные проблемы:

– каким образом отобразить объекты предметной области в абстрактные объекты модели данных, чтобы это отображение не противоречило семантике предметной области и было по возможности лучшим (часто эту проблему называют проблемой логического проектирования баз данных);

– как обеспечить эффективность выполнения запросов к базе данных, расположить данные во внешней памяти (эту проблему называют проблемой физического проектирования баз данных).

Проектирование структуры базы данных включает в себя следующие классические этапы:

1) этап анализа и формулирования требований по созданию информационной системы;
2) этап логического проектирования структуры базы данных;
3) этап физического проектирования структуры базы данных.

На первом этапе проводится функциональный анализ задач, решаемых проектируемой системой, и анализ данных, необходимых для этих задач. При этом для более полного отражения рассматриваемого процесса можно при выполнении декомпозиции комбинировать использование DFD-диаграммы. Именно с DFD-диаграммы (рисунок 1) начнем описание данных, необходимых для реализации процесса оценки объекта недвижимости сравнительным методом.

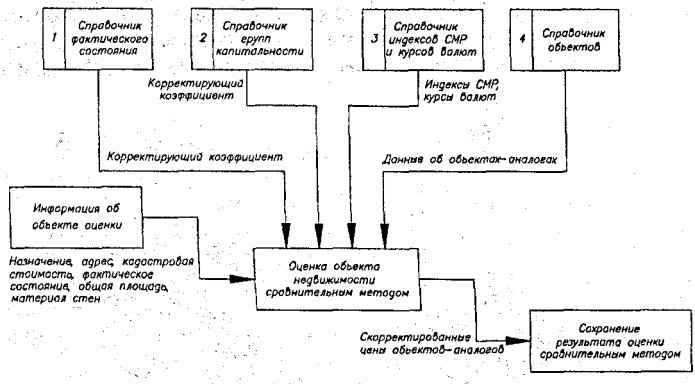


Рисунок 1 – DFD-диаграмма декомпозированного блока «Оценка объекта недвижимости сравнительным методом»

Логическая модель данных описывает факты и объекты, подлежащие регистрации в будущей базе данных. Основными компонентами такой модели являются сущности, их

атрибуты и связи между ними. Как правило, физическим аналогом сущности в будущей базе данных является таблица, а физическим аналогом атрибута – поле этой таблицы. С логической точки зрения сущность представляет собой совокупность однотипных объектов или фактов, называемых экземплярами этой сущности. Физическим аналогом экземпляра обычно является запись в таблице базы данных. Как и записи в таблице реляционной СУБД, экземпляры сущности должны быть уникальными, то есть полный набор значений их атрибутов не должен дублироваться. И так же, как и поля в таблице, атрибуты могут быть ключевыми и неключевыми.

На этапе логического проектирования для каждого атрибута обычно определяется примерный тип данных. Конкретизация происходит на этапе физического проектирования, так как различные СУБД поддерживают разные типы данных и ограничения на их длину или точность.

Нормализация – это процесс организации данных в базе данных, включающий создание таблиц и установление отношений между ними в соответствии с правилами, которые обеспечивают защиту данных и делают базу данных более гибкой, устраняя избыточность и несогласованные зависимости.

Избыточность данных приводит к непродуктивному расходованию свободного места на диске и затрудняет обслуживание баз данных. Несогласованные зависимости могут затруднять доступ к данным, так как путь к данным при этом может отсутствовать или быть неправильным.

Существует несколько правил нормализации баз данных. Каждое правило называется «нормальной формой». Если выполняется первое правило, говорят, что база данных представлена в «первой нормальной форме». Если выполняются три первых правила, считается, что база данных представлена в «третьей нормальной форме». Есть и другие уровни нормализации, однако для большинства приложений достаточно нормализовать базы данных до третьей нормальной формы.

Так как наша база данных не обладает сложной разветвленной структурой, после логического проектирования она находится в третьей нормальной форме и проведение нормализации не требуется.

Физическая модель базы данных определяет способ размещения данных в среде хранения и способ доступа к этим данным, которые поддерживаются на физическом уровне. Физическая модель разрабатываемой базы данных представлена на рисунке 2.

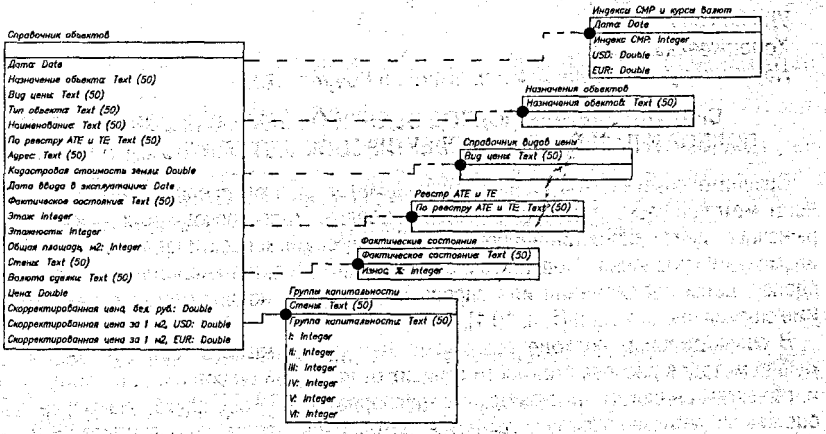


Рисунок 2 – Физическая модель базы данных

После получения физической модели базы данных ее уже можно реализовывать, то есть создавать mdb-файл.

Схема созданной в СУБД Access базы данных представлена на рисунке 3. В отличие от физической модели, связи точно показывают, по каким полям связаны таблицы.

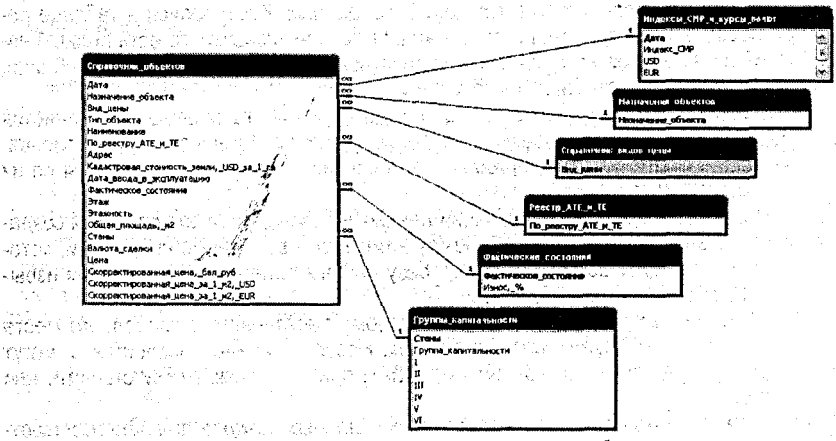


Рисунок 3 – Схема базы данных, реализованной в СУБД Access

В результате исследования была разработана база данных «Оценка объектов недвижимости сравнительным методом».

Список цитированных источников

1. База данных в Visual Basic и VBA. Самоучитель. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2004. – 416 с.: ил.
2. Браун, С. Visual Basic 6: учебный курс. – СПб.: Питер, 2006. – 574 с.: ил.
3. Оценка стоимости объектов гражданских прав. Оценка стоимости капитальных строений (зданий, сооружений), изолированных помещений как объектов недвижимого имущества: ТКП 52.3.01-2011.
4. Visual Basic 6.0; пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 992 с.: ил.

УДК 338.364:657.922

Хоронжевская А.Ю.
Научный руководитель: к.э.н., доцент Кочурко А.Н.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ПОДХОД ОЦЕНКИ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ: ПОДБОР И РАЗРАБОТКА КОРРЕКТИРОВОК, АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА

Сравнительный подход (сравнительный метод оценки) представляет собой совокупность методов расчета стоимости объекта недвижимости, основанных на информации о рыночных ценах объектов-аналогов с последующей корректировкой их стоимости по элементам сравнения. Под рыночными ценами объектов-аналогов понимаются цены сделок, цены предложения или спроса по объектам недвижимости в зависимости от имеющейся информации [1, п. 10.1].

В сравнительном подходе различают две группы методов анализа корректировок. Выбор методов расчета стоимости зависит от исходной информации по объекту оценки и объектам-аналогам, имеющейся в распоряжении у оценщика. Наиболее часто в оценочной деятельности используются методы количественного анализа. Эти методы

при наличии хорошей базы данных позволяют получить очень хорошие и убедительные результаты.

В ходе обследования процесса автоматизации выявлена необходимость и поставлена задача создания программы, которая автоматизировала бы процесс оценки объектов недвижимости сравнительным подходом.

Основными причинами необходимости создания программы являются:

1. Большая трудоемкость, сопряженная с изучением рынка недвижимости и особенно того сегмента, к которому принадлежат данные объекты, выявлением тех объектов недвижимости, которые наиболее сопоставимы с оцениваемым объектом.

2. Увеличение трудоемкости и снижение скорости работы в связи со сбором и проверкой информации по каждому отобранному объекту, сравнением каждого объекта с оцениваемым по времени продажи, местоположению, физическим характеристикам, условиям продажи.

3. Усложнение процесса корректировки цен продажи по каждому сопоставимому объекту в соответствии с имеющимися различиями между ним и оцениваемым объектом при значительном объеме объектов-аналогов.

4. Увеличение трудоемкости при значительном объеме по согласованию скорректированных цен сопоставимых объектов недвижимости и выводу стоимости оцениваемого объекта.

Для выполнения поставленной задачи была собрана база объектов-аналогов на основе данных РУП «Брестское агентство по государственной регистрации и земельному кадастру» и интернет ресурсов [2, 3, 4]. При изучении [1] для обработки исходных данных были выбраны следующие корректировки:

1. Корректировка на состояние рынка (время продажи). Выполняется в случае, если со времени продажи объекта-аналога прошло более одного месяца при условии изменения цен на рынке недвижимости. Поправку на рыночные условия часто называют поправкой на время. Изменение цены (стоимости) объекта недвижимости может определяться с применением индекса СМР [1, п. 10.13.3] по следующей формуле:

$$K_1 = \frac{И^{о}_{СМР}}{И^{с}_{СМР}}, \quad (1)$$

где K_1 – корректирующий коэффициент; $И^{с}_{СМР}$ – индекс СМР на момент сделки; $И^{о}_{СМР}$ – индекс СМР на момент оценки.

2. Поправка на местоположение. Требуется, если характеристики местоположения оцениваемого и сопоставимых объектов различаются. При наличии значительных расхождений необходимо исключить объект недвижимости из числа сопоставимых. Корректировка на местоположение [1, п. 10.13.5] выполняется по следующей формуле:

$$K_2 = \frac{V^{о}_{з}}{V^{а}_{з}}, \quad (2)$$

где K_2 – корректирующий коэффициент; $V^{о}_{з}$ – кадастровая стоимость земли объекта оценки; $V^{а}_{з}$ – кадастровая стоимость земли объекта-аналога.

3. Корректировка на состояние объекта оценки. Выполняется при наличии различий в состоянии объектов-аналогов и объекта оценки. Признаком таких различий могут служить

данные о фактическом состоянии объекта-аналога (новое, хорошее, удовлетворительное, требует ремонта, аварийное). Корректировка на состояние объекта оценки может производиться в соответствии со шкалой экспертных оценок для определения физического износа, представленной в [1, п.10.13.6.3, приложение И], по следующей формуле:

$$K_3 = \frac{100 - (И^o - И^a)}{100}, \quad (3)$$

где K_3 – корректирующий коэффициент; $И^o$ – износ объекта оценки; $И^a$ – износ объекта-аналога.

4. Физические различия. Включают размер здания, качество строительства, архитектурный стиль, строительные материалы, функциональную полезность, привлекательность, благоустройство и удобства, экологию участка. Мы выбрали корректировку на физические характеристики по следующему элементу сравнения: материал стен [1, п. 10.13.6], так как существенное влияние на цены сделок оказывает тип материалов, из которых изготовлены элементы конструкций. При определении корректировки на физические характеристики используем [5].

5. Корректировка на физические характеристики по следующему элементу сравнения: расположение помещений в здании или сооружении [1, п. 10.13.6]. Она необходима, так как, кроме характеристик собственно строения, существенными оказываются и характеристики расположения помещений в здании или сооружении. При определении корректировки на физические характеристики используем [1, приложение Р].

6. Значительное влияние оказывает вид цены. Если это цена предложения, то она требует корректировки на торг (как правило, в сторону уменьшения). Методику определения данной корректировки мы разработали самостоятельно. Корректировка на торг выполняется в случае, если при выборе объекта-аналога используется цена предложения данного объекта-аналога и есть вероятность изменения этой цены. Для разработки корректировки был проведен мониторинг рынков недвижимости в период с сентября 2011 по август 2012. Построен график, отражающий средневзвешенную цену предложения и средневзвешенную цену сделок.

Корректировка равна среднему значению в процентном выражении изменения средней цены сделки относительно средней цены предложения.

На основании вышеизложенного получаем скорректированную цену объекта оценки по следующей формуле:

$$V_o = V_a \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (4)$$

где V_o – скорректированная цена объекта оценки; V_a – цена объекта-аналога на момент сделки; K_i – корректирующий коэффициент.

Программа «Сравнительный метод оценки» разработана в среде Microsoft Visual Basic 6. Среда Visual Basic прекрасно подходит для создания приложений практически любого типа. Microsoft Visual Basic 6 – самая последняя версия популярного языка программирования.

Программа «Сравнительный метод оценки» позволяет хранить, добавлять, изменять, удалять нормативно-справочную информацию (рис. 1), сведения об объектах-аналогах (рис. 2), в форме запроса позволяет выбрать тип объекта, назначение объекта недвижимости, корректируемые параметры, задать границы даты сделок и общей площади объектов недвижимости. При нажатии соответствующих кнопок программа выводит на экран объекты-аналоги, согласно заданным параметрам, корректирует их цену относительно имеющихся данных об объекте оценки и выводит скорректированную цену в бел. руб., в USD за 1 м², в EUR за 1 м² (рис. 3), так же предоставляет статистику

количестве имеющихся в базе сделках купли-продажи на текущую дату, источники информации и информацию о программе и проводимых корректировках. Программа сохраняет полученный результат в файл с расширением xls, предназначенный для работы в Microsoft Office Excel.

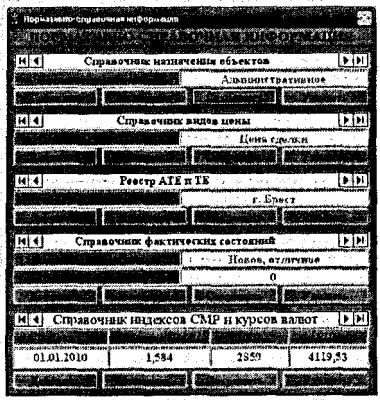


Рисунок 1 – Форма «Нормативно-справочная информация»

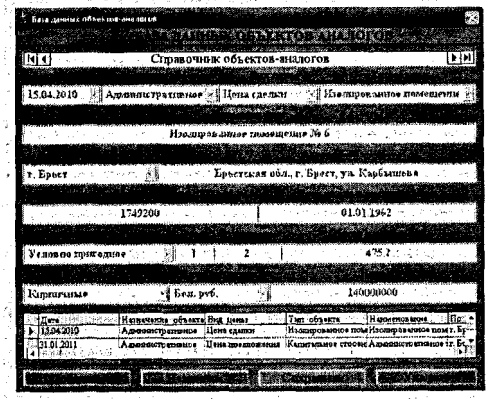


Рисунок 2 – Форма «База данных объектов-аналогов»

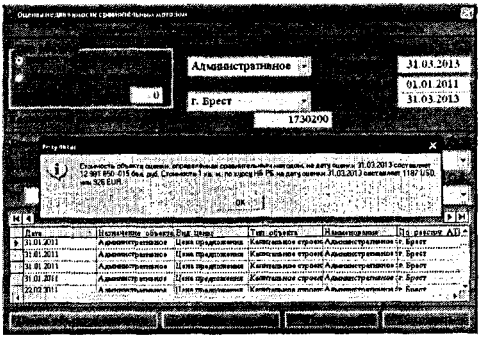


Рисунок 3 – Результат оценки объекта недвижимости сравнительным методом, при нажатии пользователем кнопки «Корректировка цен»

На сегодняшний день оценка сравнительным подходом в основном производится вручную, таким образом, использование разработанной программы «Сравнительный метод оценки» способствует сокращению затрат времени специалистов на производство оценки и приведет как к удешевлению самого подхода оценки, так и улучшит его качественные характеристики.

Список цитированных источников

1. Оценка стоимости объектов гражданских прав. Оценка стоимости капитальных строений (зданий, сооружений), изолированных помещений как объектов недвижимого имущества: ТКП 52.3.01-2011.
2. 1-й инвестиционный портал Беларуси – Режим доступа: http://www.investar.by/
3. Интернет центр недвижимости – Режим доступа: http://www.realt.by/
4. Недвижимость и строительство в Беларуси – Режим доступа: http://www.nest.by/
5. УПВС. Сборники укрупненных показателей восстановительной стоимости зданий и сооружений. Утверждены Государств. комитетом Совета Министров СССР по делам строительства в 1970-1971 гг.

УДК [336.13.012.24: 728] (476.7)
Царук О.Г.
Научный руководитель: ст. преподаватель Леванюк С.В.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИБЫЛИ И РЕНТАБЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЗА ТРИ ГОДА НА ПРИМЕРЕ КУПСП «БРЕСТЖИЛСТРОЙ»

В современных условиях экономический анализ на предприятии должен присутствовать на всех уровнях управления, так как он является гарантией успешной деятельности предприятия.

Капитальное строительство – одна из основных отраслей народного хозяйства. От развития строительной отрасли напрямую зависят промышленность, транспорт и в конечном плане – уровень жизни населения.

Многие строительные фирмы недостаточно уделяют внимания своим экономическим проблемам и допускают немалые убытки при расходовании материальных ресурсов и заработной платы. Дополнительные материальные затраты возникают также из-за неравномерного роста рыночных цен по отдельным видам материалов, изделий и конструкций.

В условиях рыночной экономики основа экономического развития строительной организации – прибыль, которая выступает показателем эффективности работы организации, источником ее жизнедеятельности. Рост прибыли создает финансовую основу для обеспечения производственной деятельности организации собственными финансовыми ресурсами для осуществления расширенного воспроизводства и удовлетворения социальных, материальных и иных потребностей трудовых коллективов.

Таким образом, показатели прибыли становятся важнейшими для оценки производственной и финансовой деятельности предприятия. Они характеризуют степень его деловой активности и финансового благополучия.

С помощью приложения 2 « Отчет о прибылях и убытках» Бухгалтерского баланса проанализируем состав и структуру прибыли Коммунального унитарного производственно-строительного предприятия «Брестжилстрой».

Прибыль предприятия состоит из:

1) прибыли (убытка) от реализации товаров, продукции, работ, услуг;
2) прибыли (убытка) от операционных доходов и расходов;
3) прибыли (убытка) от внереализационных доходов и расходов.

Таблица 1 – Анализ прибыли от реализации продукции

Наименование показателей	Период (год)			Темпы роста,%			+,- Отклонения, млн.руб		
	за 2009	за 2010	за 2011	2010 к 2009	2011 к 2009	2011 к 2010	2010 к 2009	2011 к 2009	2011 к 2010
Прибыль (убыток) от реализации товаров, продукции, работ, услуг	11900	18054	19402	151,71	163,04	107,47	6154	7502	1348
Выручка от реализации товаров, продукции, работ, услуг	123860	167701	224247	135,40	181,05	133,72	43841	100387	56546
Налоги и сборы, включаемые в выручку от реализации	2886	2857	4683	99,00	162,27	163,91	-29	1797	1826
Выручка от реализации товаров, продукции, работ, услуг (за вычетом налогов и сборов)	120974	164844	219564	136,26	181,50	133,20	43870	98590	54720
Себестоимость реализованных товаров, продукции, работ, услуг	109074	146790	200162	134,58	183,51	136,36	33716	91088	53372
Валовая прибыль	11900	18054	19402	151,71	163,04	107.47	6154	7502	1348

Как видно из таблицы 1 прибыль от реализации (валовая прибыль) за два последних года по отношению к базисному году (2009) возросла на 51,71% и 63,04% и на конец 2011 года составляет 19402 млн.руб. Она увеличилась больше, чем на 50%. Несмотря на то, что затрат и выручки стало больше, налоги и сборы за 2010 год снизились на 29 млн. руб. или на 1%, однако в 2011 году отчисления на налоги и сборы увеличились на 1797 млн. руб. или на 62,27% по отношению к базисному году.

Таблица 2 – Анализ прибыли от операционных доходов и расходов

Наименование показателей	Период (год)			Темпы роста, %			+,- Отклонения		
	за 2009	за 2010	за 2011	2010 к 2009	2011 к 2009	2011 к 2010	2010 к 2009	2011 к 2009	2011 к 2010
Прибыль (убыток) от операционных доходов и расходов	9	64	410	711,11	4555,56	640,63	55	401	346
Операционные доходы	1524	1414	5308	92,78	348,29	375,39	-110	3784	3894
Налоги и сборы, включаемые в операционные доходы	226	219	449	96,9	198,67	205,02	-7	223	230
Операционные доходы (за вычетом налогов и сборов)	1298	1195	4859	92,06	374,35	406,61	-103	3561	3664
Операционные расходы	1289	1131	4449	87,74	345,15	393,37	-158	3160	3318

Проанализировав показатели таблицы 2, видим, что прибыль от операционных доходов и расходов значительно увеличилась, и на конец 2011 г. она составила 410 млн. руб. Это произошло за счет увеличения операционных доходов (248,29%) по отношению 2011 года к 2009 году. Чего нельзя сказать о расходах, которые за последние два года выросли на 293,37% и на конец 2011 года составили 4449 млн.руб.

Анализируя показатели прибыли от внереализационных доходов и расходов (табл. 3), можно сказать, что внереализационные расходы почти в два превышают внереализационные доходы предприятия, что отрицательно сказывается на прибыли предприятия. Предприятию необходимо провести мероприятия по увеличению прибыли и снижению расходов.

Таблица 3 – Анализ прибыли от внереализационных доходов и расходов

Наименование показателей	Период (год)			Темпы роста,%			Отклонения		
	за 2009	за 2010	за 2011	2010 к 2009	2011 к 2009	2011 к 2010	2010 к 2009	2011 к 2009	2011 к 2010
Прибыль (убыток) от внереализационных доходов и расходов	-677	-1463	-3146	216,1	464,7	215,04	-786	-2469	-1683
Внереализационные доходы	1382	2101	1871	152,03	135,38	89,05	719	489	-230
Налоги и сборы, включаемые в внереализационные доходы	2	21	3	1050,0	150,0	14,29	19	1	-18
Внереализационные доходы (за вычетом налогов и сборов)	1380	2080	1868	150,72	135,36	89,81	700	488	-212
Внереализационные расходы	2057	3543	5014	172,24	243,75	141,52	1486	2957	1471

Несмотря на то, что прибыль от внереализационных доходов и расходов за три года отрицательная, чистая прибыль предприятия положительная, и даже наблюдается её рост. За три года прибыль увеличилась: в 2009 г. она составляла 7758 млн.руб., в 2010 г. она равна 11325 млн.руб, что на 45,98% больше, чем в 2009 г., а на конец 2011 г. по отношению к 2009 г. прибыль увеличилась на 78,89%. В 2011 г. значительную часть расходов составили курсовые разницы по операциям в иностранной валюте 687 млн. руб, что было связано с финансовым кризисом в Республике Беларусь. Однако лишь строительство домов за счет средств физических и юридических лиц позволяет предприятию обеспечить безубыточную работу.

Таблица 4 – Анализ балансовой и чистой прибыли

Наименование показателей	Период (год)			Темпы роста, %			Отклонения		
	за 2009	за 2010	за 2011	2010 к 2009	2011 к 2009	2011 к 2010	2010 к 2009	2011 к 2009	2011 к 2010
Прибыль (убыток) балансовая	11232	16655	16666	148,28	148,38	100,07	5423	5434	11
Расходы, не учитываемые при налогообложении	985	2705	3392	274,62	344,37	125,4	1720	2407	687
Доходы, не учитываемые при налогообложении	13	55	2	423,08	15,38	3,64	42	-11	-53
Прибыль (убыток) до налогообложения	12204	19305	20056	158,19	164,34	103,89	7101	7852	751
Налог на прибыль	2820	4554	2361	161,49	83,72	51,84	1734	-459	-2193
Прочие налоги и сборы из прибыли	653	761	404	116,54	61,87	53,09	108	-249	-357
Прочие расходы и платежи из прибыли	1	15	23	1500	2300	153,33	14	22	8
Чистая прибыль (убыток)	7758	11325	13878	145,98	178,89	122,54	3567	6120	2553

Характеризуя прибыльность строительных организаций, используют не только массу прибыли, но и относительные показатели.

Рентабельность – это относительный показатель эффективности производства, характеризующий уровень отдачи затрат и степень использования ресурсов.

Рентабельность является результатом производственного процесса, она формируется под влиянием факторов, связанных с повышением эффективности оборотных средств, снижением себестоимости и повышением рентабельности продукции и отдельных изделий.

Таблица 5 – Анализ показателей рентабельности

Показатели рентабельности	2009 г.	2010 г.	2011 г.	Темпы роста,%		
Чистая прибыль	7758	11325	13878	145,98	178,89	122,54
Затраты на производство	73040	86927	389088	119,01	532,71	447,6
Себестоимость товаров	109074	146790	200162	134,58	183,51	136,36
Выручка	124187	167701	224247	135,04	180,57	133,72
Активы	71091	110214	360555	155,03	507,17	327,14
Собственный капитал	62042	86629	255048	139,63	411,09	294,41
Прибыль	11900	18054	19402	151,71	163,04	107,47
Рентабельность продаж	6,25	6,75	6,19	108,10	99,07	91,64
Рентабельность продукции	7,11	7,72	6,93	108,47	97,48	89,87
Рентабельность активов	10,91	10,28	3,85	94,16	35,27	37,46
Рентабельность производства	0,16	0,21	0,05	127,48	30,61	24,01
Рентабельность собственного капитала	12,50	13,07	5,44	104,55	43,52	41,62

Приведенные данные в таблице 5 показывают, что рентабельность продаж за отчетный год снизилась по сравнению с 2010 г. на 8,36%. Причем на это снижение оказало влияние изменение отпускных цен и себестоимости на реализованную продукцию. Из таблицы видно, что реальный размер прибыли, которую приносит предприятию каждый рубль произведенных затрат по ее выпуску и реализации продукции, увеличился в 2010 г. по сравнению с предыдущим годом на 8,47%, в 2011 г. снизился по сравнению с предыдущим годом на 10,13%. Рентабельность активов, т.е. доходность вложенных средств в имущество предприятия, за три года уменьшилась на 62,54%.

Основной доход и прибыль организации приносит прибыль от реализации, что составляет более 90% удельного веса. Предприятию необходимо провести ряд мероприятий по укреплению стабильности и улучшению финансового состояния путем экономного расходования материальных ресурсов, выполнения доведенных энергосберегающих показателей, реализации излишних и неэффективно используемых основных средств, сдаче в аренду производственных площадей и максимальной загрузке производственных мощностей.

Список цитированных источников
1. Бухгалтерский баланс КУПСП «Брестжилстрой» на 1 января 2010, 2011, 2012 гг.
2. Официальный сайт КУПСП «Брестжилстрой» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.dsk-brest.by. – Дата доступа: 30.03.2013.
3. Экономика строительства: учебное пособие / О.С. Голубова [и др.]. – Мн.: ТетраСистемс, 2010. – 320 с.

УДК [336.13.012.25:728] (476.7)
Царук О.Г.
Научный руководитель: ст. преподаватель Леванюк С.В.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛИКВИДНОСТИ, АКТИВОВ И ПАССИВОВ БАЛАНСА СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЗА ТРИ ГОДА НА ПРИМЕРЕ КУПСП «БРЕСТЖИЛСТРОЙ»

Платежеспособность – возможность наличными денежными ресурсами своевременно погашать платежные обязательства. Оценка платежеспособности по балансу осуществляется на основе характеристики ликвидности оборотных активов.

Ликвидность баланса – возможность обратить активы в наличность и погасить свои платежные обязательства – это степень покрытия долговых обязательств активами, срок превращения которых в платежную наличность соответствует сроку погашения обязательств.

Ликвидность организации включает также возможность привлечения заемных средств со стороны. В отличие от платежеспособности, которая зависит от ликвидности, ликвидность характеризует не только текущее состояние, но и перспективу.

Проанализируем основные финансовые показатели платежеспособности КУПСП «Брестжилстрой» за три года:

1) коэффициент текущей ликвидности (К1 = итог раздела 2 актива бухгалтерского баланса / итог раздела 5 пассива бухгалтерского баланса – строка 640);

2) коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами (К2 = итог раздела 3 пассива бухгалтерского баланса + строка 640 – итог раздела 1 бухгалтерского баланса / итог раздела 2 актива бухгалтерского баланса);

3) коэффициент обеспеченности финансовых обязательств активами (К3 = итог раздела 4 пассива бухгалтерского баланса + (итог раздела 5 пассива бухгалтерского баланса – строка 640) / валюту бухгалтерского баланса);

4) коэффициент обеспеченности просроченных финансовых обязательств активами (краткосрочная кредиторская задолженность + долгосрочная кредиторская задолженность / валюту бухгалтерского баланса).

Таблица 1 – Анализ финансовых показателей ликвидности

Наименование показателей	Значение коэффициентов платежеспособности	2009	2010	2011	темпы роста, %		
					2010 к 2009	2011 к 2009	2011 к 2009
Коэффициент текущей ликвидности	К1 не менее 1,2	4,72	3,29	2,66	69,75	56,22	56,22
Коэффициент обеспеченности собствен-ными оборотными средствами	К2 не менее 0,15	0,76	0,5	-0,72	65,64	-94,68	-94,68
Коэффициент обеспеченности финансовых обязательств активами	К3 не более 0,85	0,13	0,21	0,29	168,1	229,87	229,87
Коэффициент обеспеенности просроченных финансовых обязательств активами	К4 не более 0,5	0,11	0,11	0,06	98,63	52,17	52,17

Полученные результаты оценки показателей ликвидности баланса изобразим в виде диаграмм (рис. 1-4).

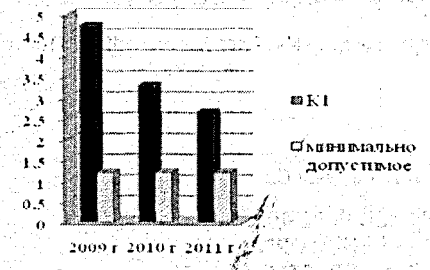


Рисунок 1 – Коэффициент текущей ликвидности, К1

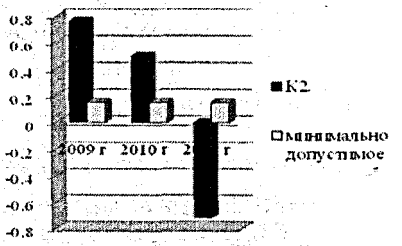


Рисунок 2 – Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами, К2

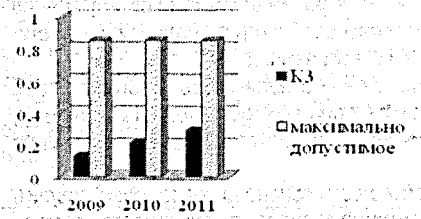


Рисунок 3 – Коэффициент обеспеченности финансовых обязательств активами, К3

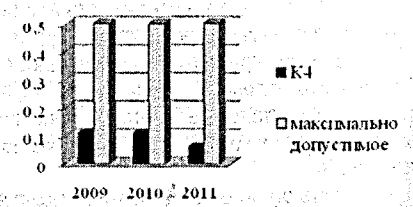


Рисунок 4 – Коэффициент обеспеченности просроченных финансовых обязательств активами, К4

За рассматриваемый промежуток времени у предприятия были долгосрочные обязательства, которые увеличились. Так, в 2009 г. они составляли 1000 млн. руб., за 2010 г. 9262 млн. руб., за 2011 г. – 82428 млн. руб., текущие активы (итог раздела 2 бухгалтерского баланса) превышают краткосрочные обязательства (итог раздела 5 бухгалтерского баланса) в 2009 и 2010 гг., однако в 2011 г. краткосрочные обязательства превысили текущие активы, коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами отрицательный притом, что его значение должно быть не менее 0,15. Поэтому КУПСП «Брестжилстрой» по результатам работы за 2011 г. нельзя считать ликвидным, так как оборотный капитал предприятия преимущественно состоит из запасов, а не из денежных средств, что было бы выгодней.

Финансовое состояние предприятия и его устойчивость в значительной степени зависит от того, каким имуществом располагает предприятие, в какие активы вложен капитал и какой доход они ему приносят.

Проанализировав данные бухгалтерского баланса за три года, можно сделать вывод, что валюта баланса с каждым годом увеличивается. Так, на конец 2009 г. ее стоимость составляет 71 092 млн. руб., на конец 2010 г. она составляла 110 214 млн. руб., на конец 2011 г. она составляла 360 555 млн. руб. Т.е. валюта баланса увеличилась в 2010 г. на 39122 млн. руб, а в отчетном году в сравнении с 2010 г. на 250341 млн. руб., это свидетельствует о наращивании хозяйственного оборота КУПСП «Брестжилстрой».

Стоимость активов увеличивается в большей степени за счет внеоборотных активов: за 2009 г. на 5 048 млн. руб., за 2010 г. на 29960 млн. руб., за 2011 г. на 236 236 млн. руб.

Стоимость оборотных активов также увеличивается. Так на конец 2009 г. составляла 38023 млн. руб., на конец 2010 г. – 47185 млн. руб. и на конец 2011 г. их стоимость составляла 61290 млн. руб.

Нематериальные активы, основные средства, незавершенное строительство и долгосрочные финансовые вложения составляют внеоборотные активы предприятия, но наибольший удельный вес имеют основные средства (99,2% от валюты баланса на конец отчётного года). Доля остальных составляющих незначительна. Доля незавершенного строительства в составе активов на конец 2011 г. составляла 0,13%. Наибольшую долю в составе оборотных активов на конец 2011 г. составляет краткосрочная дебиторская задолженность – 51%. Запасы за 2011 г. увеличились на 5913 млн. руб., что свидетельствует о стабильности производственного потенциала, а краткосрочная дебиторская задолженность постоянно увеличивается.

Таким образом, в прошлом и отчетном периодах стоимость имущества КУПСП «Брестжилстрой» увеличилась. Это произошло в основном за счет увеличения стоимости внеоборотного капитала, однако положительная динамика наблюдается и в оборотных активах, а так как основную долю оборотных средств составляет запасы и дебиторская задолженность, их увеличение говорит об увеличении спроса на услуги и продукцию КУПСП «Брестжилстрой».

Если актив баланса раскрывает предметный состав имущественной массы организации, то пассив имеет иное значение. Он показывает, во-первых, какая величина средств (капитала) вложена в хозяйственную деятельность организации и, во-вторых, кто и в какой форме участвовал в создании её имущественной массы. Пассив баланса – это, в определенном смысле, сумма обязательств организации.

Организация считается финансово устойчивой, если доля собственного капитала будет составлять более 50% от совокупного капитала.

Таблица 2 – Анализ пассивной части баланса

Наименование статей	Абсолютные значения, млн. руб.			Удельный вес, %			Изменения			
							Абсолютных значений, млн.руб.		Удельного веса, %	
	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2010	2011	2010	2011
Уставный фонд	2	2	2	0,0028	0,0018	0,001	0	0	-0,001	-0,0023
Резервный фонд	1	1	-	0,0014	0,0009	0	0	-1	-0,0005	-0,0014
Добавочный фонд	41484	59928	219920	58,35	54,37	60,99	18444	178436	-3,98	2,64
Нераспределенная прибыль	15119	21779	35118	21,27	19,76	9,74	6660	19999	-1,51	-11,53
Целевое финансирование	5423	4914	8	7,63	4,46	0	-509	-5415	-3,17	-7,63
Доходы будущих периодов	13	5	-	0,02	0	0	-8	-13	-0,01	-0,02
Итого капитал и резервы	62042	86629	255048	87,27	78,6	70,74	24587	193006	-8,67	-16,53
Долгосрочные кредиты и займы	1000	9262	82428	1,41	8,4	22,86	8262	81428	7	21,45
Краткосрочные кредиты и займы	-	2000	1900	0	1,81	0,53	2000	1900	1,81	0,53
Кредиторская задолженность	8004	12238	21179	11,26	11,1	5,87	4234	13175	-0,15	-5,38
Задолженность перед участниками	46	85	-	0,06	0,08	0	39	-46	0,01	-0,06
Итого краткосрочные обязательства	8050	14323	23079	11,32	13	6,4	6273	15029	1,67	-4,92
Баланс	71092	110214	360555	100	100	100	39122	289463	-	-

Анализируя показатели таблицы 2, можно сказать, что основная часть пассивов организации принадлежит собственному капиталу, причем его абсолютные показатели уве-

личиваются в каждом отчётном периоде (на начало 2010 г. – 62042 млн. руб.; на начало 2011 г. – 86629 млн. руб.; на конец 2012 г. – 255048 млн. руб.) за счёт добавочного фонда.

Но, несмотря на это, удельный вес собственного капитала за 2010 г. уменьшился на 8,67%, за 2011 г. уменьшился на 16,53 с сравнении с базисным 2009 г., хотя он увеличился по абсолютным показателям. Это можно объяснить большим увеличением совокупного капитала и влиянием инфляционной составляющей.

Собственный капитал КУПСП «Брестжилстрой» на конец 2011 г. составил 70,74%, а заёмный капитал на эту же дату – 29,26%. Такое соотношение капиталов предприятия свидетельствуют о стабильности, устойчивости его финансового состояния.

Однако рост кредиторской задолженности говорит о том, что предприятие испытывает недостаток в собственных оборотных средствах, и ее текущая деятельность финансировалась в основном за счет привлеченных средств, по показателям рентабельности также наблюдается снижение эффективности работы предприятия, поэтому руководству организации необходимо разработать мероприятия по использованию выявленных резервов в процессе хозяйственной деятельности.

Ситуация, сложившаяся в строительном комплексе в условиях мирового финансового кризиса, требует как законодательных мер поддержки предприятий строительной индустрии, так и изменения расчетной политики самих предприятий.

Список цитированных источников

1. Бухгалтерский баланс КУПСП «Брестжилстрой» на 1 января 2010, 2011, 2012 гг.
2. Официальный сайт КУПСП «Брестжилстрой» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.dsk-brest.by. – Дата доступа: 30.03.2013.
3. Экономика строительства: учебное пособие / О.С. Голубова [и др.]. – Мн.: ТетраСистемс, 2010. – 320 с.
4. Симонова, Ю. Ф. Экономика строительства. – Ростов на Дону: Феникс, 2009. – 378 с.

УДК 711:7.017.4(476.7)

Цупа М.В.
Научный руководитель: ст. преподаватель Лаппо М.Г.

КОЛОРИТ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ Г. БРЕСТА

Цель настоящей работы – проследить влияния цвета на формирование городской среды города Бреста.

Введение. «Цвет способен на всё: он может родить свет, успокоение или возбуждение Он может создать гармонию или вызвать потрясение; от него можно ждать чудес, но он может вызвать и катастрофу». Эти слова французского исследователя Ж. Въено объясняют тот интерес или внимание, которое постоянно привлекает к себе проблема цвета.

Полихромия архитектуры сооружений как неотъемлемая составляющая материальной культуры чутко отражала мировоззрение людей разных эпох, их религию, науку, искусство, поскольку смысловое выражение цвета в архитектуре, её обозначение опиралось на цветовую символику. Цветовая атмосфера построек сохранилась, и таким путём осуществлялась передача тех или иных цветовых палитр. Человеком были привнесены в архитектуру многоцветия – цветовая облицовка, покрытие естественной поверхности камня краской. Можно проследить, как происходит постоянное накопление цветового потенциала в архитектурном пространстве. Важна смысловая и художественная значимость многовекового богатства архитектуры, которое хранит память об истории общества, её философии, мировоззрении и т.д. Использование цвета является одной из сложнейших и многогранных проблем в архитектуре, а цветовые предпочтения людей – од

новременно продукт и двигатель цветовой культуры, которая фиксирует уровень его развития и одновременно способна трансформировать сложившиеся стереотипы.

Основная часть. Цвет во все времена играл важную роль и активно участвовал в создании архитектурной композиции. Он являлся важной составляющей архитектурной формы. При соответствующем сочетании цвет представляет собой средство выражения содержания архитектурного сооружения, его эстетического достоинства. Визуальная архитектурная форма невозможна без композиционного единства пространства, объёма и цвета, который формирует представление о пространственном выражении, эстетическом и духовном содержании городской среды. Такое формирование рассмотрено на примере восточной части города Бреста (рис. 1).

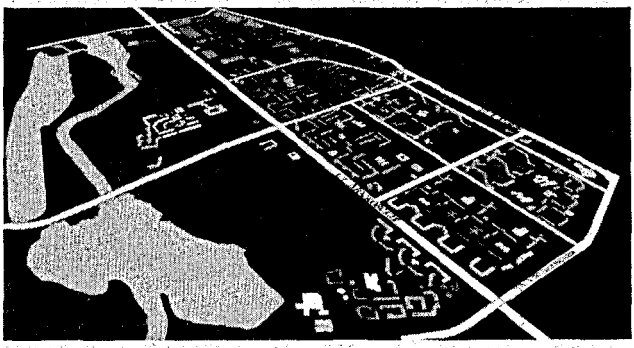


Рисунок 1 – Восточная часть г. Бреста

Колористика крупного города фиксируется тремя составляющими: структурой – связями и конструкцией цветовых масс; хроматическим содержанием – цветовой палитрой; динамикой – мерой подвижности структуры и её хроматического содержания в пространстве и времени. В то же время цветовая палитра колористики города зависит от природных и искусственных цветов: цвета строительных материалов, цветовой культуры жителей. Эта палитра, как правило, содержащая множество цветовых совокупностей, имеет доминирующие цвета, которые создают общий колорит цветовой среды, а также акцентные цвета, которые служат для выделения каких-либо объектов.

Роль цвета возрастает в современной архитектуре с её предельным объёмным лаконизмом и доминирующим положением плоскостей, лишённых пластических членений.

Главным объектом внимания при решении цвета большой группы зданий являются условия, вытекающие из представленной объёмно-планировочной ситуации. Изменения цвета подчёркивают композиционный смысл сочетания объёмов зданий, ритмические закономерности взаимного их расположения, масштабные сопоставления. Цвет массивов застройки при въезде в рассматриваемую территорию (восточная часть г. Брест), является определяющим цветом этой части города и образуется цветом зданий и сооружений, который в свою очередь складывается из цвета элементов зданий и архитектурных деталей (рис. 2). Общая палитра содержит мягкие цвета и используется для больших поверхностей, точечная палитра содержит насыщенные цвета и предназначена для деталей зданий.

Многоцветие жилого дома оживляется утром в облачную погоду, а также при солнце. Это даёт разнообразие прочтения не только здания, но и самой улицы. Зимний период отличается увеличением доли ахроматических составляющих в цветовой палитре природного окружения, что отражается на колорите зданий. Летом же цвет поглощается ярким солнечным светом. Полихромия является неотъемлемой частью и инструментом

создания гармоничного окружения. Колористика, как правило, гораздо динамичнее, чем объёмно – пространственная выраженность несущей формы. Динамика колористики характеризуется цикличностью. Существенное изменение колористки города становится заметным за несколько десятков лет. Параллельно существуют сезонные и суточные естественные циклы временной колористики города. Кроме временной, имеет место пространственная динамика, предполагающая изменение полихромии при восприятии в движении. Два вида динамики полихромии сосуществуют нераздельно.

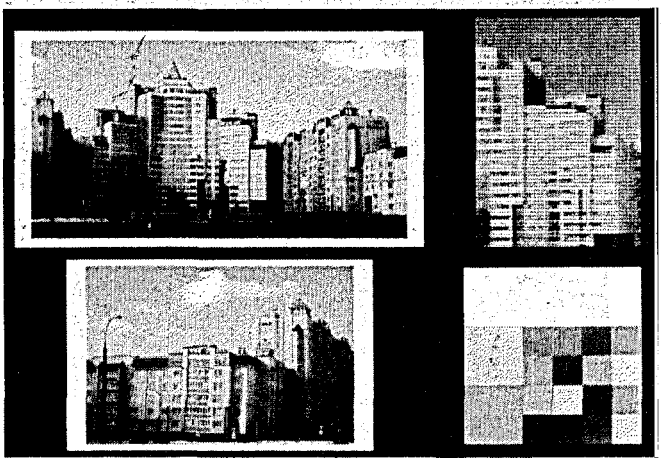


Рисунок 2 – Застройка при въезде в рассматриваемую территорию

Автономность колористки элемента и целого состоит в реализации её функций в пространственно-временной непрерывности цветового бассейна города от районов и кварталов вплоть да интерьера жилой группы. Так, если колористика города в целом тяготеет к выявлению его структуры, то на уровне полихромии отдельного здания возможны значительные контрасты геометрии формы и цвета. Преобладающая локальная окраска стены, где цветовыми акцентами могут стать функциональные детали – оконные переплеты, балкон, лоджии, входы – объединяет композицию. Цветом можно развить ритмическую систему, внести дополнительные ритмы, развивающие общую закономерность.

Колористическая полихромия архитектурного ансамбля должна выявлять организацию его пространства, подчеркивая главные и объединяющие второстепенные элементы. Соподчинение цвета и формы является залогом усиления эмоционального воздействия архитектуры. Полихромия объемной формы и фона, на котором она находится, воспринимаются как единое целое и оказывают влияние друг на друга. Такое влияние можно рассмотреть на примере гипермаркета «Евроопт», расположенного в г. Бресте по Варшавскому шоссе (рис. 3). При изменении полихромии формы прослеживается разнообразие восприятия этой формы при взаимодействии с фоном. Второй пример – магазин «Евроопт» на ул. Ясеневая. Изменение цвета акцентной части даёт связь с окружающей застройкой. И в то же время цвет фона может изменять восприятие полихромной формы, поэтому, помещая эту форму в различные цветовые условия, мы можем управлять формообразующим действием одной и той же полихромии.

Заключение. Роль цвета в нашей жизни многообразна, цвет входит в структуру мышления, является компонентом объёмно-пространственного окружения, частью материальной и духовной культуры.

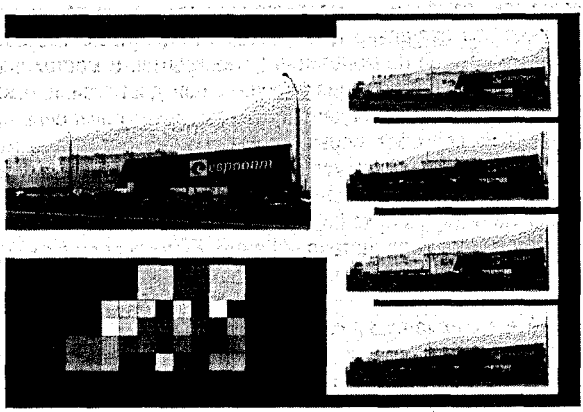


Рисунок 3 – Гипермаркета «Евроопт» г. Брест, Варшавское шоссе

Создание цветовой среды, обладающей признаком цельности и закономерности, требует комплексного подхода к определению целей использования цвета в архитектуре. Архитектор решает комплекс задач и с помощью цвета выявляет логику объёмно-пространственной структуры, которая неотделима от создания психофизиологического комфорта человека. Экспериментальное варьирование цвета в архитектуре показывает изменение её восприятия. Общие закономерности формирования колористической архитектурной среды могут быть применены в застройке г. Бреста.

Список цитированных источников

1. Ефимов, А.В. Колористика города. – М.: Стройиздат, 1990. – 272 с.
2. Ефимов, А.В. Формирующее действие полихромии и вопросы его изучения архитектурной школе: автореферат канд. дисс. – М., 1973.
3. Иконников, А. Основы архитектурной композиции / А. Иконников, Г. Степанов. – М.: Искусство, 1971. – С. 125.
4. Беляева, Е.Л. Архитектурно-пространственная среда города как объект зрительного восприятия. – М., Стройиздат. – 1979.
5. Ефимов, А.В. Методика формирования колористки жилых комплексов // Техническая эстетика. – 1984. – № 12.
6. Шеллинг, Ф.В. Философия искусства. – М.: Мысль,1999. – Серия: Классическая философская мысль.
7. Потокина, Т.М. Понятие цвета и его роль в архитектуре // Вестник ВолГУ. Серия 7: Философия. Социология и социальные технологии. – 2009. – №1.
8. Бархин, М.Г. Структура и композиция. – М.: Наука, 1986.
9. http://www.vokrugsveta.ru/vs/article/4415/

УДК 699.86:692.522.2

Червяковский А.В.
Научный руководитель: доцент Матчан В.А.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОВКЛАДЫШЕЙ И УТЕПЛЕНИЯ КОЛОННЫ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ СТЕН

В Республике Беларусь в последнее время уделяется большое внимание строительству зданий повышенной этажности. В качестве материала для несущих конструкций применяется монолитный железобетон в подавляющем большинстве случаев. Этот материал обладает множеством достоинств, однако имеет и недостатки, одним из которых

является наличие так называемых «мостиков холода» – мест со значительными теплопотерями. Особенно это актуально для зданий с монолитным каркасом и наружными стенами, поэтажно опертыми на монолитные перекрытия. В местах опирания стены на монолитное перекрытие и примыкания колонны, при достижении температуры «точки росы» на поверхности выпадает конденсат, что вызывает появление плесени на конструкции стен. Одним из способов борьбы с «мостиками холода» в месте сопряжения стен, перекрытий и колонн является устройство по контуру в теле монолитных перекрытий термовкладышей и утепление колонны по всей высоте, снижающих теплопотери.

Мною было проанализировано конструктивное решение монолитного здания, а именно угол, конструкция которого представлена ниже. Были сопоставлены два варианта угла, с утеплением и без него. Для анализа распределения температур была использована программа «Termo 3D».

Исходные данные принимались в соответствии с ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника» для условий строительства жилого дома в г. Бресте. В качестве материалов в расчетах приняты согласно таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики материалов

Материал	Характеристики материала в сухом состоянии			Расчетное массовое отношение влаги в материале W, % (при условиях эксплуатации по табл. 4.2)		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 4.2)				
	Плотность ρ, кг/м³	Удельная теплоемкость с, кДж/(кг·°С)	Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м·°С)			теплопроводности λ, Вт/(м·°С)		теплоусвоения s, Вт/(м²·°С) (при периоде 24 ч)		паропроницаемости μ, мг/(м·ч·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
1 Железобетон	2500	0,84	1,69	2	3	1,92	2,04	17,9	19,7	0,03
29 Газо- и пенобетон, газо- и пеносиликат	500	0,84	0,12	4	5	0,15	0,16	2,38	2,48	0,20
39 Цементно-песчаный	1800	0,84	0,58	2	4	0,76	0,93	9,60	11,09	0,09
59 Кладка из кирпича керамического, плотностью 1300 кг/м³ (брутто)	1400	0,88	0,41	1	2	0,55	0,69	7,01	7,58	0,16
99 Маты минераловатные прошивные	75	0,84	0,042	0,6	2,0	0,043	0,046	0,45	0,48	0,59

В качестве граничных условий приняты:

– температура внутри помещения 18°С, относительная влажность воздуха 55%;

– наружная температура -23°С – температура, наиболее холодная пятидневка обеспеченностью 0,92;

– коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности $\alpha_в$ 8,7 Вт/(м2•°С);

– коэффициент теплоотдачи наружной поверхности $\alpha_н$ 23 Вт/(м2•°С);

– условия эксплуатации ограждающих конструкций «Б».

Угол был представлен в виде модели, разбитой на конечные элементы, в программе «Termo 3D» (рисунок 2).

Затем произвели задание параметров внутренней и наружной поверхностей (рис. 3).

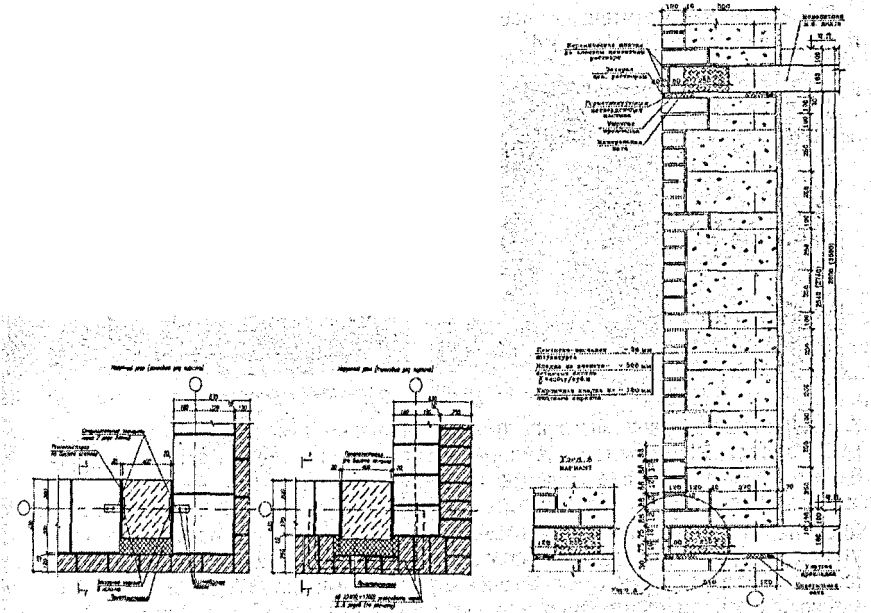


Рисунок 1 – Конструкция наружного угла

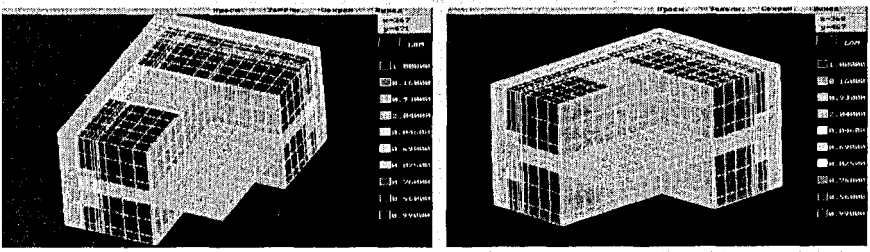


Рисунок 2 – Расчетная модель с заданной теплопроводностью (слева – с утеплением, справа – без утепления)

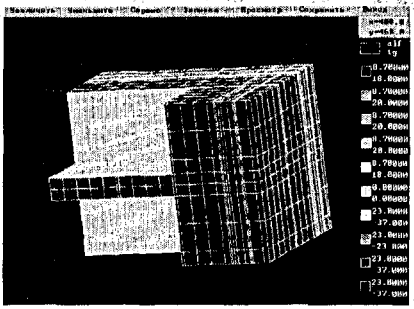


Рисунок 3 – Расчетная модель с заданными граничными условиями

После всех подготовительных работ произвели расчет по программе. Результаты получили в виде изотерм (рисунок 4).

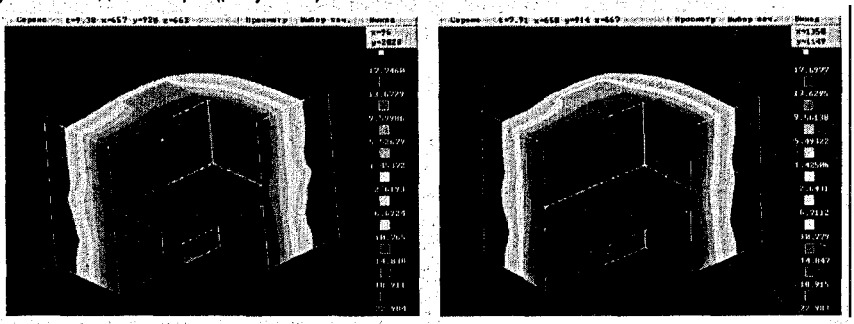


Рисунок 4 – Результаты расчета (изотермы)

Результаты произведенного расчета распределения температур приведены на рисунке 4. Из рисунка видно, что минимальная температура поверхности стены с утеплением 9,38°С, и наблюдается она во внутреннем углу в месте сопряжения перекрытия, стены и колонны. Для принятых условий температура «точки росы» 8,83°С, что меньше наблюдаемой. В то же время видно, что минимальная температура поверхности стены без утепления 7.91°С, что ниже температуры «точки росы», следовательно, в этом месте (сопряжения перекрытия, стены и колонны) может выпадать конденсат. Таким образом, можно сделать вывод, что при размещении термо вкладышей по периметру монолитной плиты и утеплении колонны по высоте при заданных условиях конденсат на внутренних поверхностях сопряжений не образуется.

Из расчётов, произведённых в программе, можно сделать вывод, что в монолитном домостроении в местах примыкания конструкций ограждения и монолитных конструкций может возникать «мостик холода», если пренебрегать утеплением данных мест. Это же подтверждают и некоторые реальные случаи.

Список цитированных источников

1. Строительная теплотехника. ТКП 45-2.04-43-2006 / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2007. – С. 54.

УДК 629.423.2:338.48(476.7)

Черетович Д.В.
Научные руководители: доцент Ширяева Л.А., доцент Фоменкова С.Ф.

СОЗДАНИЕ ТУРИСТИЧЕСКОГО МАРШРУТА И РАЗВИТОЙ СИСТЕМЫ СКОРОСТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЭЛЕКТРИЧКИ В Г. БРЕСТЕ

Наше предложение подразумевает перспективное поэтапное развитие нового для города скоростного железнодорожного транспорта в систему, аналогичную Минскому City Line, но по своей структуре больше напоминающему немецкую систему S-Bahn. Предложенная нами система основана не на радиальных, а на взаимо-пересекающихся кольцевых маршрутах, которые в сумме образуют полноценную скоростную артерию города, способную соединить все районы города.

Наши предложения касаются более эффективного использования и некоторого развития существующей железнодорожной сети, а также создания скоростного сообщения всех спальных и других районов с центром города и между собой.

Философия проекта исходит из двух тезисов:

- Недостаток скоростного общественного транспорта в Бресте.
- Отсутствие внутригородского наземного железнодорожного сообщения.

Проблемы общественного транспорта:

- Значительное отставание развития общественного городского транспорта от потребностей города.
- Простои автомобильного транспорта в пробках.
- Маршрутная сеть развита недостаточно.
- Железнодорожное сообщение развито не в полную силу.

Мировой опыт.

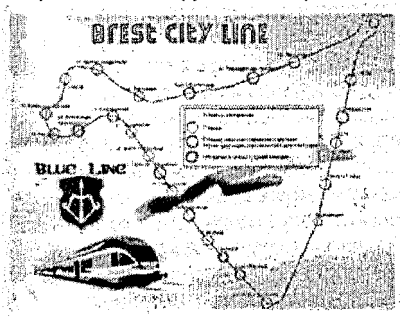
Если взглянуть на карту довоенного Брест-Литовска или Бреста-над-Бугом, то существовавшие тогда железнодорожные ветки – это готовая инфраструктура для наземного метро. Идея эта далеко не единственная в своём роде и давно уже реализована в ряде городов и стран, так, например, S-Bahn – Берлинская городская железная дорога, имеет аналоги в Вене и прилегающих землях Австрии. Системами, являющимися или схожими с S-Bahn, располагают Копенгаген и его окрестности (S-tog), Париж (RER – региональная экспресс-сеть), Швейцария, Венгрия(HEV), Сербия, Польша (SKM – скоростная городская железная дорога) и другие города и страны. В России схожими с S-Bahn можно считать внутригородские электропоезда Новомосковска, Волгограда, Владивостока, а также рельсовые автобусы в Екатеринбурге, Челябинске, Красноярске, Перми, Ростове-на-Дону, Нижнем Новгороде, Новосибирске, Уфе, Санкт-Петербурге, Москве и др.

Аналогичные системы в СНГ имеют Казахстан, Украина, Кыргызстан и Молдова. В Австралии современную городскую железную дорогу имеют Аделаида, Брисбен, Джилонг, Голд-Кост, Мельбурн, Ньюкасл, Перт и Сидней. В США широко распространён надземный метрополитен. В агломерации Сан-Франциско есть также система пригородно-городского поезда BART, имеющая в городах участки в виде метро. Что же касается опыта Беларуси в создании подобных систем, то он имеется в Минске, где 1 июля 2011 г. была открыта городская электричка CityLine. Сегодня рассматривается вопрос о создании аналогичной системы в Гомеле.

Задача проекта состоит в кардинальном улучшении транспортной ситуации в Бресте за относительно короткий срок при умеренных затратах.

Стратегические цели, которые ставятся при разработке данного проекта:

1) снижение нагрузки на общественный транспорт;



2) сокращение времени, затрачиваемого на стандартную поездку;

3) обеспечение устойчивой связи центра города с другими районами и всех районов города между собой;

4) обеспечение беспересадочной связи между районами;

5) снижение уровня использования личного транспорт, как итог – уменьшение пробок на дорогах.

Рисунок 1 – Предложение одной из кольцевых линий Brest City Line

Проект предполагает собой создание особой линии туристического маршрута от Центрального вокзала до Музея железнодорожной техники вблизи Брестской крепости. В перспективе при условии переноса городского порта в восточную часть города, а также

при выполнении определённых инженерных решений между Центральным вокзалом и городской филармонией проект должен охватить также такие станции, как городская филармония и территория старого городского парка на берегу Мухавца. Всё это позволит не только обеспечить стабильный пассажиропоток, но и кратчайший и самый быстрый путь для туристов в Брестскую крепость. По информации Брестского городского исполнительного комитета, ежегодно город посещает свыше 500 тыс. человек из 57 стран мира. Кроме того, весьма большое количество туристов, в основном россиян, ежедневно делают пересадку в нашем городе на пути в Европейский Союз. Время ожидания можно было бы использовать более рационально: организовать экскурсии по Брестской крепости и Старому городу на его территории, при этом каждую станцию предполагается сделать в определённой стилистике, характерной тому или иному периоду истории города. Маршрут должен пройти по станциям: Городская филармония – Центральный вокзал – Парк 1-го мая – Старый город – Городской парк.

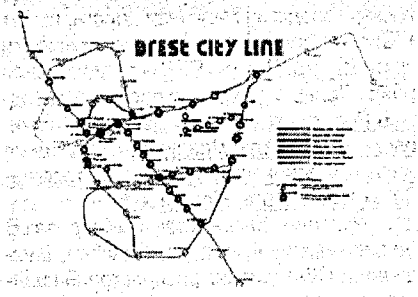


Рисунок 2 – Предложение брестского наземного метрополитена Brest City Line



Рисунок 3 – Эскизное предложение станции «Городская филармония»

Мы имеем развитую систему железнодорожных путей в северных районах: Граевка, Речица, Адамково, Лысая гора, Дубровка, Катин Бор, Берёзовка, Задворцы. Все они, соединяясь с крупнейшими и густонаселёнными районами – Восток, Ковалёво, Вулька, Южный, Гершоны, Юго-Запад, Центр города, могут образовать кольцевую систему организации скоростного ж/д сообщения. Воссоздав железнодорожное полотно по принципу скоростного трамвая вдоль Гребного канала, мы получили бы экологическое, эстетическое и эффективное с точки зрения пассажиропотока решение для новой транспортной железнодорожной артерии города. Сегодня в генеральный план развития города заложено строительство ряда мостов через реку Мухавец, среди которых мост по ул. Зубачёва возле Брестской крепости (западный обход Бреста), запроектированные мосты по ул. Ленина (в районе городского порта) и ул. Краснознамённой (Суворовский мост). Все они при правильном подходе могли бы стать метромостами, но лучше с этой функцией справился бы мост через улицу Ленина, учитывая, что мост по ул. Зубачёва уже строится (западный обход Бреста), и корректировки в нём уже неуместны... Так же с функцией метромоста успешно мог бы справиться Суворовский мост. Такой опыт уже имеется в Днепропетровске, когда над железнодорожным полотном сверху надстраивают новый автомобильный мост, при этом образуя 2 яруса – один из самых бюджетный вариантов. Аналогичное решение может быть применено при строительстве метромоста около центральной городской больницы. Кроме того, есть возможность включения в систему регулярного городского скоростного сообщения районов, прилегающих к железнодорожным путям в районе аэропорта, что особенно немаловажно после реализации расширения границ города вплоть до деревни Хабы в районе аэропорта. В перспективе эта сис

тема может быть расширена до минского аналога CityLine в этом направлении (аналогично и по маршруту Скоки – Мухавец), что позволит сделать ближайшие города, такие как Жабинка и Кобрин (последний участок требует частичной электрофикации) городами-спутниками Бреста. А это в свою очередь даст ещё большие перспективы...

На уровне эскизного проектирования:

- разработаны туристический и городские маршруты для скоростной городской электрички;
- разработаны эскизные предложения станций линии туристического маршрута;
- изучены и использованы карты и схемы города с 1920-х по 2013-е гг.

При этом необязательно сносить старую инфраструктуру для строительства метромостов и транспортных автомобильных развязок – достаточно лишь грамотно подойти к каждому случаю в отдельности. Мировой опыт содержит множество примеров разумного использования существующей инфраструктуры для нужд конкретного проектного предложения и города в целом. Необходимо смотреть на всю транспортную систему города как на единый организм, который может полноценно функционировать, только когда отдельные её части непрерывно взаимодействуют между собой.

Список цитированных источников

1. Официальный сайт Белорусской железной дороги http://www.rw.by
2. Электронная энциклопедия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: wikipedia.org.
3. Официальный сайт Брестского облисполкома. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: www.brest-region.by.
4. Памяць. Брэст: у 2 кнігах. – Мінск: Белта, 1997. – Кніга 1.
5. Брест. Путешествие по городу. Достопримечательности. Старые улицы. Культура. Сервис и Досуг / А.М. Суворов. – 2008.

УДК 338.51:691.32

Юшкевич А.Н.
Научный руководитель: к.т.н., ассистент Черноиван А.В.

МЕТОДЫ УЧЕТА ЗАВОДСКОЙ СТОИМОСТИ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ВАРИАНТНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Задача проектирования в общем случае заключается в принятии рационального конструктивного решения здания или сооружения. В связи с тем, что в каждом конкретном случае решений может быть несколько, сам процесс проектирования принимает вариантный характер, когда из уже имеющихся типовых или вновь разрабатываемых конструктивных решений может быть выбрано наиболее эффективное для заданных условий конкретного объекта.

Сравнение конструкций при вариантном проектировании производится на основе системы технико-экономических показателей, позволяющей получить достаточно полную информацию об экономических последствиях принятия того или иного конструктивного решения. Интегральный экономический эффект ($Э_{инт}$) от применения конечного решения складывается на трех стадиях реализации проекта: изготовления конструкций, строительного производства и эксплуатации объекта в течение жизненного цикла:

$$Э_{инт} = Э_{пз} + Э_{т}^{стр} + Э_{экс}, \quad (1)$$

где $Э_{пз}$ – экономический эффект от сокращения приведенных затрат, руб.;

$Э_{т}^{стр}$ – экономич. эффект от сокращения продолжительности возведения объекта, руб.;

$Э_{экс}$ – экономический эффект в сфере эксплуатации объекта, руб.

Рассмотрим первую стадию реализации проекта, то есть методы учета заводской стоимости на примере сборных бетонных и железобетонных конструкций. На территории Республики Беларусь производятся различные виды бетонных и железобетонных конструкций и изделий. Распределение объемов выпуска готовой продукции для ведущих предприятий-изготовителей Брестской области приведены на рис. 1.

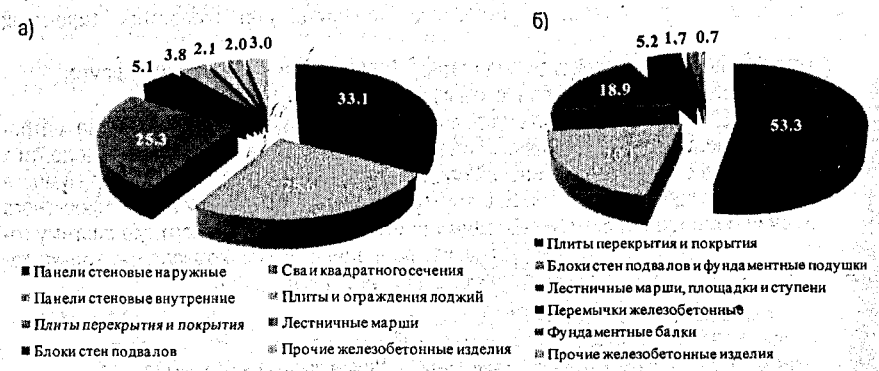


Рисунок 1 – Распределение объемов выпуска готовой продукции (%) для Завода КПД № 2 КУП «Брестжилстрой» [10] (а) и «Завода ЖБК» ОАО «Строительный трест № 8» [12] (б)

В настоящее время отпускная цена строительных конструкций определяется согласно Методическим рекомендациям по нормативному методу ценообразования в промышленности строительных материалов Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь [0], при этом при калькулировании себестоимости по статьям расходов устанавливаются следующие группы затрат: сырье и основные материалы, возвратные отходы (вычитаются), вспомогательные материалы, различные виды топлива и энергии, основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих, отчисления на социальные нужды, общепроизводственные и общехозяйственные расходы, налоги и отчисления, коммерческие расходы.

Таким образом, ***заводская стоимость*** бетонной или железобетонной конструкции ($C_{зд.к.}$) может быть определена по следующей упрощенной формуле:

$$C_{зд.к.} = \left(ПЗ_{изг} + ОХРиОПР_{изг}\right) \cdot К_{ком} + Пр_{изг}, \qquad (2)$$

где $ПЗ_{изг}$ – прямые затраты завода-изготовителя, руб.; $ОХРиОПР_{изг}$ – общехозяйственные и общепроизводственные расходы изготовителя, руб.; $К_{ком}$ – коэффициент, учитывающий коммерческие (внепроизводственные) расходы завода-изготовителя; $Пр_{изг}$ – нормативная прибыль предприятия-изготовителя, руб.

Прямые затраты завода-изготовителя включают затраты по изготовлению конструкций и определяются по формуле:

$$ПЗ_{изг} = C_{о.м.} + C_{ФОТ} + C_{э.э.} + C_{т.э.} \qquad (3)$$

где $C_{о.м.}$ – стоимость основных материалов, руб.; $C_{ФОТ}$ – фонд оплаты труда производственных рабочих, руб.; $C_{э.э.}$ – стоимость электрической энергии на технологические цели, руб.; $C_{т.э.}$ – стоимость тепловой энергии на технологические цели, руб.

Размер ***общехозяйственных и общепроизводственных расходов*** определяется согласно требованиям Инструкции о порядке формирования и применения цен и тарифов [2], исходя из анализа фактических смет данных расходов за отчетный период времени с учетом размера планируемых изменений этих расходов в плановом периоде, и

распределяется пропорционально объему производства групп изделий. Распределение *ОХРиОПР*$_{изг}$ производится согласно положениям учетной политики, принятой организацией-изготовителем, исходя из удельного веса от основной заработной платы производственных рабочих.

Стоимость основных материалов, руб., может быть определена с помощью выражения:

$$C_{о.м.} = C_б + C_{ст} + C_{доп} = C_б + C_а + C_н + C_{з.д.} + C_{доп}, \quad (4)$$

где $C_б$ – стоимость бетонной смеси, включающая затраты на цемент, крупный и мелкий заполнители [7, 8, 9]; $C_{ст}$ – стоимость арматурной стали, включающая затраты на элементы ненапрягаемой арматуры ($C_а$), элементы напрягаемой арматуры ($C_н$) и закладные детали ($C_{з.д.}$); $C_{доп}$ – стоимость дополнительных затрат (стоимость утеплителя, отделочных материалов и т.д.), необходимых для обеспечения теплоизоляционных, декоративных или других регламентируемых параметров бетонных или железобетонных конструкций.

Фонд оплаты труда основных производственных рабочих, руб.:

$$C_{ФОТ} = \sum_{i=1}^{n} \left(C^i_{ч.зп} \cdot T^i_{о.т.}\right) \cdot \left(1 + K_{тар.ст}\right) \cdot \left(1 + K_{прем}\right) \cdot \left(1 + K_{доп.зп}\right) \cdot \left(1 + K_{фзсц}\right), \quad (5)$$

где $C^i_{ч.зп}$ – часовая заработная плата рабочих, выполняющих отдельные технологические операции, которая обусловливается разрядом работ по операционным картам, руб.; $T^i_{о.т.}$ – трудоемкость, отдельной *i*-й технологической операции, учитываемой при определении основной заработной платы, чел.-час.; $K_{тар.ст}$ – коэффициент повышения тарифных ставок (окладов); $K_{прем}$ – коэффициент, учитывающий премиальные доплаты; $K_{доп.зп}$ – коэффициент, учитывающий начисление дополнительной заработной платы; $K_{фзсц}$ – коэффициент, учитывающий затраты, связанные с отчислениями на социальное страхование и страхование от несчастных случаев.

Трудоемкость изготовления железобетонных конструкций, чел.-час., включает [6, 13]:

$$T_К = T_б + T_а + T_н + T_{з.д.} + T_у + T_{н.н.} + T_ф + T_{з.г.}, \quad (6)$$

где $T_б$ – трудовые затраты на изготовление бетонной смеси; $T_а$ – трудоемкость изготовления ненапрягаемой арматуры; $T_н$ – трудоемкость изготовления напрягаемой арматуры; $T_{з.д.}$ – трудоемкость изготовления закладных деталей; $T_у$ – трудоемкость укладки ненапрягаемой арматуры и закладных деталей в формы; $T_{н.н.}$ – трудоемкость комплекса работ по натяжению напрягаемой арматуры; $T_ф$ – трудоемкость формования изделий; $T_{з.г.}$ – трудоемкость операций по повышению заводской готовности.

Так как согласно распределению объемов выпуска готовой продукции для ведущих заводов-изготовителей области наибольшие показатели для сборных железобетонных конструкций были получены для плит перекрытия и покрытия, а для бетонных – для блоков стен подвалов, был выполнен расчет отпускных цен согласно методикам учета стоимости конструкций, действующим на КПД № 2 КУП «Брестжилстрой» [10] и ОАО «Светлогорский ДСК» [11] на примере многопустотной плиты ПК56.15-6АтV-Б [13] и фундаментного блока ФБС 24.3.6. Все расчеты были выполнены в ценах на 1 июля 2012 г. с учетом особенностей политики, принятой в данных организациях-изготовителях, согласно предоставленным ими отчетных и статистических данных. В таблице приведена калькуляция отпускной цены на плиту перекрытия на примере методики расчета Завода КПД № 2 КУП «Брестжилстрой».

Для сравнения полученных результатов были также использованы цены, приведенные в Республиканской базе текущих цен на ресурсы [3], Сборниках сметных цен на материалы, изделия и конструкции [5], а также данные прейскуранта №6 ОАО «Строительный трест №8» [12] с учетом индексов изменения стоимости, цен и тарифов в строи-

тельстве [4]. Полученные значения отпускных цен без НДС для многопустотной плиты и фундаментного блока приведены на рис. 2.

Таблица – Калькуляция отпускной цены на ПК56.15-6АтV-Б

№ п/п	Наименование	Норматив		Стоимость ед. изм., руб.	Сумма (гр. 4 × гр. 5), руб.
		Ед. изм.	Кол-во		
1	Сырье и материалы (расчет)				538841
2	Основная з/плата пр. рабочих (расчет)	чел.-час	6.16	4942	30447
3	Дополнительная з/плата пр. рабочих (стр. 2 гр. 6 × стр. 3 гр. 4)	%	9.72		2959
4	Отчисления на соцстрах {(стр. 2 гр. 6 + + стр. 3 гр. 6) × стр. 4 гр. 4}	%	34		11358
5	Тепловая энергия на техн. цели	Гкал	0.198	301508	59578
6	Электроэнергия на техн. цели	кВт-час	47.84	603.3	28862
7	Общепроизводственные расходы (расчет)				140056
8	Цеховая себестоимость $\left\{\sum_{i=1}^{7}\text{стр. i гр. 6}\right\}$				812012
9	Общехозяйственные расходы (расчет)				41103
10	Производственная себестоимость (стр. 8 гр. 6 + стр. 9 гр. 6)				853115
11	Внепроизводственные расходы (стр. 10 гр. 6 × стр. 11 гр. 4)	%	1.14		9726
12	Полная себестоимость (стр. 10 гр. 6 + стр. 11 гр. 6)				862841
13	Прибыль (стр. 12 гр. 6 × стр. 13 гр. 4)	%	15.0		129426
14	Оптовая цена (стр. 12 гр. 6 + стр. 13 гр. 6)				992267
15	НДС (стр. 14 гр. 6 × стр. 15 гр. 4)	%	20.0		198453
16	Отпускная цена (стр. 14 гр. 6 + стр. 15 гр. 6)				1190720

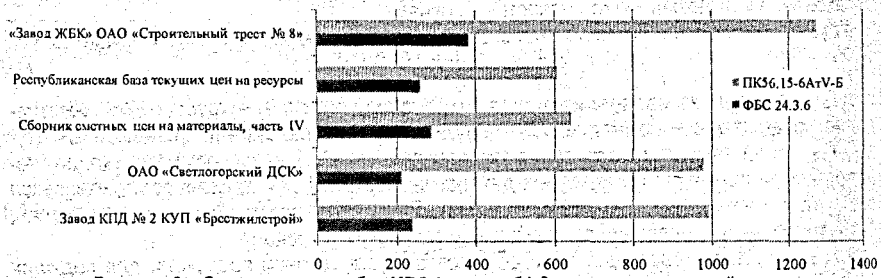


Рисунок 2 – Отпускная цена без НДС (тыс. руб.) для многопустотной плиты ПК56.15-6АтV-Б и фундаментного блока ФБС 24.3.6 на 01.07.2012 г.

Таким образом, на основе данных, предоставленных Заводом КПД № 2 КУП «Брестжилстрой» и ОАО «Светлогорский ДСК», была рассчитана отпускная цена многопустотной железобетонной плиты ПК56.15-6АтV-Б и бетонного фундаментного блока ФБС 24.3.6, а также выполнена сравнительная оценка полученной стоимости конструкций с данными базы сметных цен Республики Беларусь. Анализ полученных результатов позволил в рамках действующих Методических рекомендаций по нормативному методу ценообразования в промышленности [0] получить адаптированную к решению прикладных инженерных задач методику учета заводской стоимости бетонных и железобетонных конструкций, которая обеспечивает при вариантном проектировании на основе системы технико-экономических показателей выбор наиболее эффективных конструктивных решений зданий и сооружений.

Список цитированных источников

1. Методические рекомендации по нормативному методу ценообразования в промышленности строительных материалов Министерства архитектуры и строительства РБ: Приказ Минстройархитектуры РБ от 9 февр. 2011 г. № 28. – Режим доступа: http://pravo.levonevsky.org/bazaby11/republic02/text909.htm.
2. Инструкция о порядке формирования и применения цен и тарифов: пост. Минэкономики РБ от 10.09.08 № 183 (в ред. пост. Минэкономики от 13.11.08 № 216) // Нац. реестр правовых актов РБ. – 2008. – № 8/19435.
3. Республиканская база текущих цен на ресурсы по всем регионам – Пополняется ежемесячно.
4. Сборники индексов изменения стоимости, цен и тарифов в строительстве по регионам и в среднем по Республике Беларусь – Минск: Минстройархитектуры. – Публикуются ежемесячно.
5. Сборники сметных цен на материалы, изделия и конструкции. Часть I-V: РСН 8.03.101-2007. – РСН 8.03.105-2007. – Введ. 01.01.2008. – Минск: Минстройархитектуры.
6. Лихтарников, Я.М. Технико-экономические основы проектирования строительных конструкций: учеб. пособие для вузов / Я.М. Лихтарников, Н.С. Летников, В.Н. Левченко. – Киев-Донецк: Вища школа. Головное изд-во, 1980. – 240 с.
7. Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01-02. – Введ. 20.06.2002. – Минск: Минстройархитектуры, 2003. – 139 с.
8. Смеси бетонные. Технические условия: СТБ 1035-96. – Введ. 01.07.1997. – Минск: Минстройархитектуры, 1997. – 15 с.
9. Изменение № 1 к СТБ 1035-96. Смеси бетонные. Технические условия. – Введ. 01.05.2009.
10. КУП «Брестжилстрой» [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.dsk-brest.by.
11. ОАО «Светлогорский ДСК» [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.sdsk.by.
12. ОАО «Строительный трест №8» [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://stroytrest8.by.
13. Дворкин, Л.И. Справочник по строительному материаловедению / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – М.: Инфра-Инженерия, 2010. – 472 с.
14. Сборные железобетонные многопустотные плиты перекрытий многоэтажных общественных зданий, производственных и вспомогательных зданий промышленных предприятий: Серия 1.041.1-3. – Госстрой СССР, 10.05.1989. – 26 с.

УДК 69.003.12

Юшкевич А.Н., Шкута Ч.С.
Научный руководитель: доцент Срывкина Л.Г.

ФОРМА ЛОКАЛЬНОЙ СМЕТЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ РЕСУРСНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕТНОЙ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Целью данной работы является разработка формы локальной сметы, в наибольшей степени соответствующей методологии ресурсного метода составления сметной документации в строительстве.

Локальная смета – первичный сметный документ, на основании которого определяется сметная стоимость отдельных видов работ и расходов на строительство объекта.

С 01.01.2012 г. осуществлен переход к новой сметно-нормативной базе в строительстве, в основе которой лежит использование ресурсного метода составления сметной документации.

Ресурсный метод базируется на применении фактических (текущих) цен, тарифов к нормативному расходу ресурсов. Сначала по видам работ определяется в натуральных измерителях потребность в материалах, изделиях, конструкциях, времени эксплуатации строительных машин и механизмов, затраты труда рабочих. Расход этих ресурсов определяется на основании материалов проекта и нормативных источников. Затем нормативный расход ресурсов умножается на фактические (текущие) цены и тарифы, действующие на дату формирования стоимости работ.

Таким образом, **стоимость *i*-го ресурса при выполнении *j*-й работы** определяется по формуле:

$$C_{ij} = Ц_i \times H_{ij} \times Q_j,$$

где $Ц_i$ – цена единицы *i*-го ресурса, руб./нат. ед. изм. ресурса; $Н_{ij}$ – норма расхода *i*-го ресурса на выполнение единицы объема *j*-й работы, нат. ед. изм. ресурса /нат. ед. изм. работы; Q_j – объем *j*-й работы, нат. ед. изм. работы.

Виды ресурсов, стоимость которых определяется в локальных сметах:
- затраты труда рабочих-строителей;
- затраты труда машинистов;
- время эксплуатации машин и механизмов;
- материалы, изделия и конструкции;
- оборудование.

Источником определения норм расхода ресурсов служат Сборники нормативов расхода ресурсов в натуральном выражении (НРР) [1].

По мнению авторов, локальная смета, составленная на основе ресурсного метода, должна четко отражать следующие показатели:
1) норму расхода ресурса на единицу работы;
2) общую потребность в ресурсе;
3) цену ресурса;
4) стоимость ресурса.

В настоящее время форма и порядок составления локальной сметы регламентируется Инструкцией о порядке определения сметной стоимости строительства и составления сметной документации на основании НРР [2]. В частности, локальная смета составляется по форме, приведенной в Приложении 1 к данной Инструкции.

Анализируя порядок составления локальной сметы в соответствии с Инструкцией [2], можно сделать следующий вывод: **существующая форма составления сметы мало адаптирована к особенностям ресурсного метода составления сметной документации.** В частности, расчет стоимости единицы измерения работы в разрезе элементов затрат является излишней операцией. Данная строка никакой существенной информации не несет, значения единичной стоимости меняются на 1-е число каждого месяца. Это «наследие» базисно-индексного метода составления смет, когда из сборников ресурсно-сметных норм выписывались в «числители» сметных позиций показатели стоимости основной заработной платы рабочих, эксплуатации машин и механизмов, стоимости материалов в фиксированных базисных ценах на 01.01.1991 г. или 01.01.2006 г., а затем они умножались на «количество» работы и рассчитывались соответствующие «знаменатели» сметных позиций.

Форма локальной сметы, регламентируемая действующими нормативными документами, обладает следующими **недостатками**:
- требует выполнения излишних расчетов;
- является достаточно громоздкой и трудной для восприятия;
- не отражает четко основных показателей, важных для реализации ресурсного метода: норм расхода ресурсов, общей потребности в ресурсах, их цен и стоимости.

Поэтому **предлагается пересмотреть форму локальной сметы и адаптировать ее к особенностям ресурсного метода**, т.е. к калькулированию стоимости ресурсов в текущих ценах. Предлагаемая форма **локальной ресурсной сметы** приведена в таблице. Для наглядности в ней представлены также расчет стоимости работ для условного примера. Пусть требуется составить локальную смету на общестроительные работы на укладку **50 шт. блоков стен подвала ФБС12.4.6 при возведении 40-квартирного кирпичного жилого дома в г. Бресте** (проектно-технологический модуль (ПТМ) «Стены»). Нормы расхода ресурсов принимаем по Сборнику НРР № 7 [1]. Цены на ресурсы **на 1 февраля 2013 г.** определяем на основании Республиканской базы текущих цен на ресурсы [3] в соответствии с рекомендациями [2, 4].

Достоинства предлагаемой формы:

1. Она соответствует методологии ресурсного метода, в ней четко видны нормы расхода ресурсов, общий расход на выполнение требуемого объема работ, а также цены ресурсов и их общая стоимость; при этом никаких лишних расчетов не выполняется.

2. Данная форма совмещает в себе информацию из ведомости ресурсов и локальной сметы, т.е. составление отдельной ведомости ресурсов не является обязательным.

3. В ней содержится вся информация, которая требуется в дальнейшем для составления на основе данной локальной сметы объектной сметы и сводного сметного расчета стоимости строительства.

Таблица – Локальная ресурсная смета № 101 на общестроительные работы подземной части (составлена в ценах на 1 февраля 2013 г. Стоимость 18224,865 тыс. руб.)

№ п/п	Обоснование	Наименование работ, ресурсов, расходов	Единица измер.	Количество		Сметная стоимость, руб.	
				на единицу	общее	единицы	общая
	114	**СТЕНЫ**					
1	**Е7-42-2**	**Установка блоков стен подвалов массой до 1 т**	**100 шт.**		**0,5**		
	1-1	Затраты труда рабочих	чел.-ч	79,49	39,745	30453,3	1210366
		Эксплуатация машин и механизмов					
	М021243	Краны на гусеничном ходу до 16 т	маш.-ч	21,66	10,83	101513	1099386,0
		в т.ч. зарплата машинистов	руб.			39633	429225,5
	М331617	Средства малой механизации	маш.-ч	6,05	3,025	51047	154417,0
		в т.ч. зарплата машинистов	руб.			28161	85157,0
		ИТОГО эксплуатация машин и механизмов					**1253803**
		в т.ч. зарплата машинистов					**514413**
		Материалы, изделия и конструкции					
	С414-1004-3	Бетон тяжелый с крупностью заполнителя более 10 до 20 мм	м³	0,71	0,355	657570	233437,5
		Транспортные расходы (9,2%)	руб.			60496	21476,0
	С414-2004	Растворы кладочные тяжелые цементные, марки 100	м³	1,65	0,825	544814	449471,5
		Транспортные расходы (9,2%)	руб.			50123	41351,5
		ИТОГО материалы, изделия и конструкции					**682909**
		ИТОГО транспортные расходы					**62828**
		Общая стоимость					**3209906**
		Затраты труда рабочих	чел.-ч	79,49	**40**		
		Затраты труда машинистов	чел.-ч	27,71	**14**		
2.	**583521-7**	**Блок стены подвала ФБС12.4.6**	шт.		50	230891	**11544550**
		Транспортные расходы (9,2%)	руб.			21242	**1062100**
		Общая стоимость					**12606650**
		ИТОГО ПРЯМЫЕ ЗАТРАТЫ:					**15816556**
		Зарплата строителей и машинистов					1724779
		Общехозяйственные и общепроизводственные расходы, 67,56%					**1165261**
		Плановая прибыль, 72,07%					**1243048**
		ИТОГО ПО ПТМ «СТЕНЫ»					**18224865**
		Затраты труда рабочих	чел.-ч		**40**		
		Затраты труда машинистов	чел.-ч		**14**		

Список цитированных источников

1. Сборники нормативов расхода ресурсов в натуральном выражении на строительные конструкции и работы № 1 – № 47: НРР 8.03.101-2012 – НРР 8.03.147-2012. Введ. 01.01.2012. – Минск: Минстройархитектуры, 2012.

2. Инструкция о порядке определения сметной стоимости строительства и составления сметной документации на основании нормативов расхода ресурсов в натуральном выражении: пост. Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 18.11.2011 г., № 51 / Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2011. – № 144. – 8/24543.

3. Республиканская база текущих цен на ресурсы по всем регионам. – Пополняется ежемесячно.

4. Методические указания по применению нормативов расхода ресурсов в натуральном выражении: НРР 8.01.104-2012. – Введ. 01.01.2012. – Минск: Минстройархитектуры, 2012. – 23 с.

УДК 69.003.12

Шкута Ч.С., Юшкевич А.Н.

Научный руководитель: доцент Срывкина Л.Г.

АНАЛИЗ ПОРЯДКА СОСТАВЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ СМЕТ РЕСУРСНЫМ МЕТОДОМ

Целью данной работы является выявление слабых сторон действующего порядка составления локальных смет с использованием ресурсного метода определения сметной стоимости строительства.

В соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 11.08.2011 № 361 «О совершенствовании порядка определения стоимости строительства объектов и внесении изменений в некоторые указы Президента Республики Беларусь» [1] в настоящее время реализуется комплекс мер по совершенствованию порядка ценообразования в строительстве. В частности, с 01.01.2012 г. осуществлен переход к **ресурсному методу** определения сметной стоимости строительства, который предполагает калькулирование стоимости на основании нормативов расхода ресурсов в натуральном выражении (НРР) и текущих цен на ресурсы.

Для реализации данного подхода разработан комплекс нормативных документов: Инструкция о порядке определения сметной стоимости строительства и составления сметной документации на основании НРР [2], Методические рекомендации по применению НРР [3], Сборники НРР [4] и др. Ежемесячно формируется Республиканская база текущих цен на ресурсы (РБТЦ) [5]. Эти документы регулярно пересматриваются и дополняются. Но, тем не менее, существуют определенные сложности с практическим применением новой нормативной базы. Рассмотрим данный вопрос на примере действующего с 1 января 2012 г. порядка составления локальных смет ресурсным методом.

Локальная смета является важным сметным документом, отправным пунктом при определении сметной стоимости строительства, так как на основании локальной сметы определяется стоимость отдельных видов работ и расходов на строительство объекта, которая затем интегрируется по всем видам работ, необходимым для возведения данного здания или сооружения, в соответствующую объектную смету, а далее по объекту в целом – в сводный сметный расчет стоимости строительства. Процесс составления локальной сметы является трудоемким: он связан с детальным подсчетом объемов всех работ, входящих в данную смету, обоснованным подбором НРР, правильным применением текущих цен на ресурсы. Таким образом, от составителя локальной сметы требуется владение не только методикой определения сметной стоимости, но и умение работать с проектной документацией, знание технологии производства работ (для правильного выбора НРР), характеристик применяемых механизмов, материалов, изделий и

конструкций. Необходимо также осуществлять мониторинг текущих цен на ресурсы, так как не все виды ресурсов охвачены Республиканской базой [5].

Действующие форма и порядок составления локальной сметы регламентируются Инструкцией [2]. Так, локальная смета составляется по форме, приведенной в Приложении 1 к данной Инструкции. На основании Инструкции авторы статьи разработали блок-схему действующего алгоритма расчета прямых затрат по локальной смете (см. рисунок), что позволило выявить слабые стороны существующего порядка составления сметной документации.

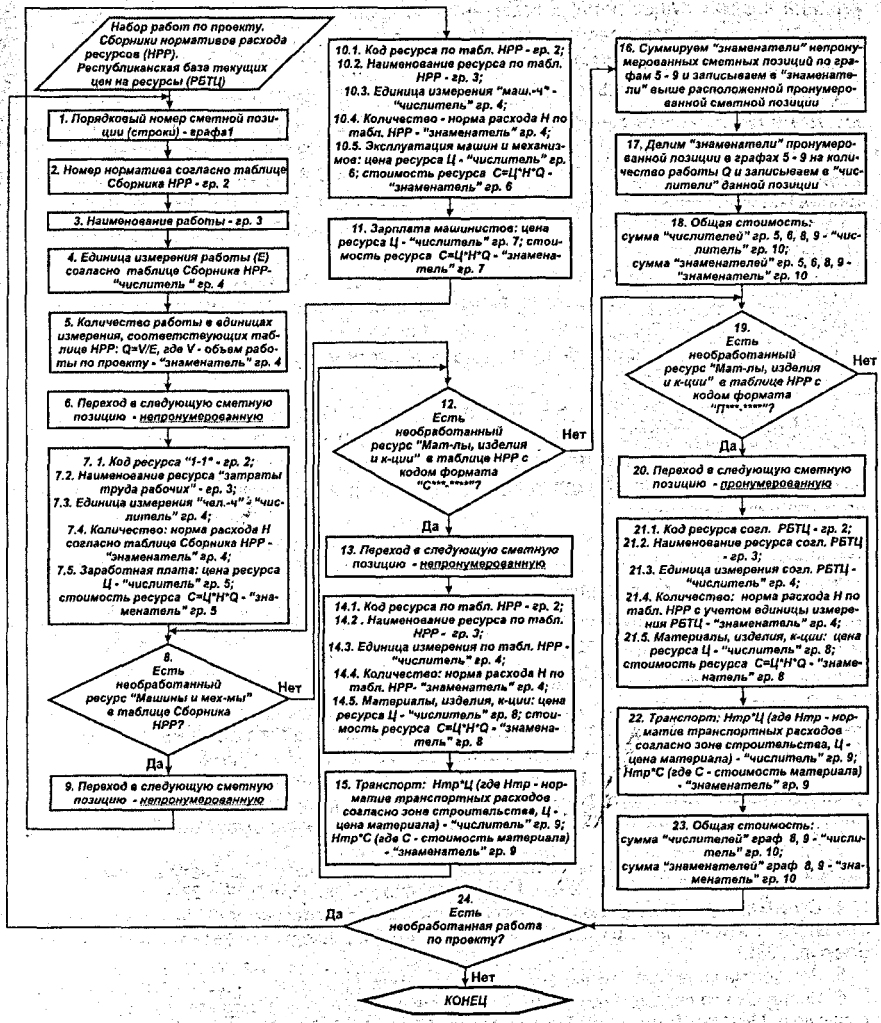


Рисунок – Блок-схема действующего алгоритма определения прямых затрат при составлении локальных смет

Методология ресурсного метода предполагает использование при определении сметной стоимости следующих показателей:

- нормы расхода ресурса;
- общей потребности в ресурсе;
- цены ресурса;
- стоимости ресурса.

Соответствующие показатели должны быть четко отражены в форме локальной сметы, чего мы не видим в форме, представленной в Инструкции [2]. Данная форма не претерпела никаких существенных изменений по сравнению с ранее действовавшей формой, применяемой при реализации базисно-индексного метода [6], хотя данный метод в своей реализации существенно отличается от ресурсного.

При составлении локальной сметы требуется выполнение излишних операций – шаги 17, 18 на рисунке. Это усложняет порядок расчета, а полученные результаты не дают никакой существенной информации. В результате получаются показатели единичной стоимости работы в разрезе элементов затрат, которые в дальнейших расчетах нигде не используются. Данный шаг также является следствием того, что форма локальной сметы в большей степени соответствует потребностям базисно-индексного метода, чем ресурсного.

Действующая форма локальной сметы и порядок ее заполнения будут вызывать сложности у начинающего инженера-сметчика, не знакомого с «устаревшим» базисно-индексным методом определения сметной стоимости.

Исследование позволило выявить **слабые стороны** действующего порядка составления локальных смет:

1. Форма локальной сметы не отражает в явном виде показателей, применяемых при расчете сметной стоимости строительства ресурсным методом.

2. При определении сметной стоимости требуется выполнение излишних действий, результаты которых не обладают самостоятельной значимостью и не используются в дальнейших расчетах.

3. Форма локальной сметы является громоздкой, а порядок ее заполнения – трудным для восприятия.

Таким образом, регламентируемые нормативными документами форма локальной сметы и порядок ее заполнения не соответствуют потребностям ресурсного метода составления сметной документации и требуют пересмотра.

Список цитированных источников

1. О совершенствовании порядка определения стоимости строительства объектов и внесении изменений в некоторые указы Президента Республики Беларусь: Указ Президента РБ, 11 августа 2011 г., № 361. – Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2011. – № 93. – 1/12766.

2. Инструкция о порядке определения сметной стоимости строительства и составления сметной документации на основании нормативов расхода ресурсов в натуральном выражении: пост. Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 18.11.2011 г., № 51. – Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2011. – № 144. – 8/24543.

3. Методические указания по применению нормативов расхода ресурсов в натуральном выражении: НРР 8.01.104-2012. – Введ. 01.01.2012. – Минск: Минстройархитектуры, 2012. – 23 с.

4. Сборники нормативов расхода ресурсов в натуральном выражении на строительные конструкции и работы № 1 – № 47: НРР 8.03.101-2012 – НРР 8.03.147-2012. Введ. 01.01.2012. – Минск: Минстройархитектуры, 2012.

5. Республиканская база текущих цен на ресурсы по всем регионам. – Пополняется ежемесячно.

6. Инструкция по определению сметной стоимости строительства и составлению сметной документации: пост. Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 03 дек. 2007 г., № 25. – Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008. – № 17. – 8/17904.

УДК 69.058:510.22
Яловая Ю.С.
Научный руководитель: д.т.н., профессор Тур В.В.

ВИЗУАЛЬНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА FUZZY LOGIC TOOLBOX В РАМКАХ СРЕДЫ MATLAB

В связи с большой трудоемкостью и длительностью проведения во времени инструментального метода оценки технического состояния зданий и сооружений применяется визуальное обследование строительных конструкций. При этом наиболее сложной становится задача определения категорий технического состояния железобетонных конструкций, так как достаточно нелегко дать оценку некоторой конструкции при визуальном осмотре: необходимо правильно и точно определить факторы, влияющие на техническое состояние конструкции и позволяющие определить ее категорию. Таким образом, появляется задача оценки и отнесения к категории технического состояния конструкции в условиях неопределенности.

Одним из современных подходов, используемых в задачах принятия решений в условиях неопределенности, является подход, основанный на применении инструментария теории нечетких множеств, основоположником которой является Лотфи Заде (1965 г.). Применение теории нечетких множеств и её приложений позволяет строить формальные схемы решения задач, характеризующиеся той или иной степенью неопределенности, которая может быть обусловлена неполнотой, внутренней противоречивостью, неоднозначностью и размытостью исходных данных, представляющих собой приближенные количественные или качественные оценки параметров объектов. Эта неопределенность является систематической, так как обусловлена сложностью задач, дефицитом информации, лимитом времени на принятие решений, особенностями восприятия и т.п. [1].

В качестве программной среды для создания системы нечеткого логического вывода и нечеткой классификации был использован пакет Fuzzy Logic Toolbox в рамках среды MatLab. Данная программа осуществляет обмен информацией между пользователем и экспертной системой через достаточно простой графический интерфейс, что обеспечивает возможность ее использования инженерами без специальной подготовки в области нечетких множеств и компьютерных наук.

В качестве входных параметров системы нечеткого вывода нами были предложены три нечеткие лингвистические переменные: «прогиб», «трещины» и «коррозия», а в качестве выходных параметров – нечеткая лингвистическая переменная «категория» (рис. 1).

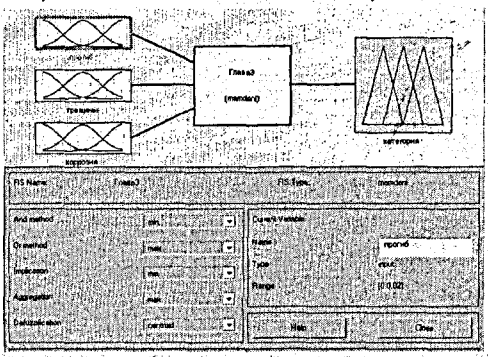


Рисунок 1 – Вид редактора FIS с принятыми входными и выходными параметрами

В качестве терм-множества лингвистической переменной «прогиб» было использовано множество T_1 = {«малый», «средний», «большой»}. При этом границы терма соответствовали: для «малый» – [0; 1/600 (0,0017)], для «средний» – [1/600 (0,0017); 1/300 (0,0033)], для «большой» – [1/300 (0,0033); 1/50 (0,02)] (рис. 2). Данные значения границ выражены в десятичных дробях и измеряются от пролета, приняты по результатам обзора нормативно-технических документов различных стран по оцениванию технического состояния конструкции.

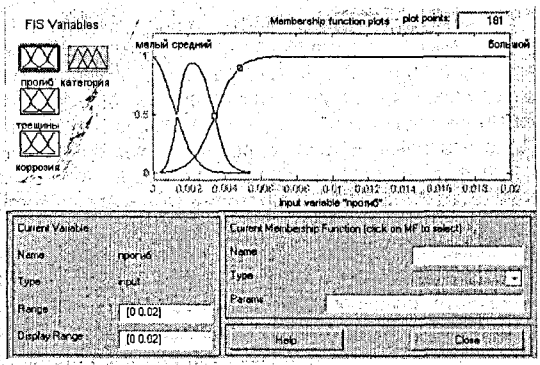


Рисунок 2 – Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «прогиб»

В качестве терм-множества лингвистической переменной «трещины» было использовано множество T_2 = {«незначительные», «допустимые», «недопустимые»}. При этом каждому из термов первой входной переменной соответствуют определенные границы: для «незначительные» соответствует [0,05; 0,1], для «допустимые» соответствует [0,1; 0,3], для «недопустимые» соответствует [0,3; 1] (рис. 3). Данные границы измеряются в мм и приняты в соответствии с рекомендациями [2].

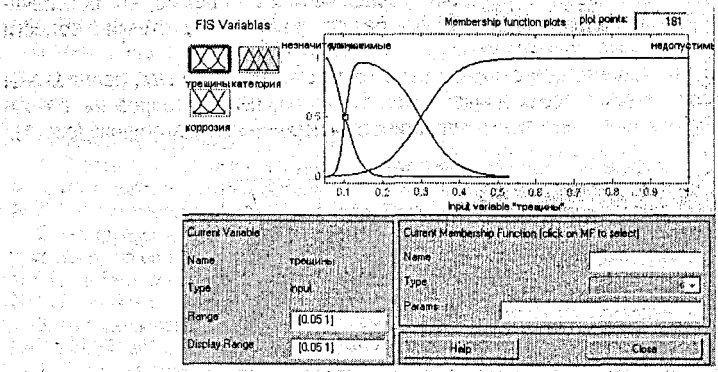


Рисунок 3 – Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «трещины»

В качестве терм-множества лингвистической переменной «коррозия» использовано множество T_3 = {«слабая», «средняя», «сильная»}. При этом каждому из термов второй входной переменной соответствуют определенные границы: для «слабая» соответству-

ет [0; 10], для «допустимые» соответствует [10; 20], для «недопустимые» соответствует [20; 40] (рис. 4). Данные границы выражены в %, приняты по результатам обзора нормативно-технических документов различных стран по оцениванию технического состояния конструкции.

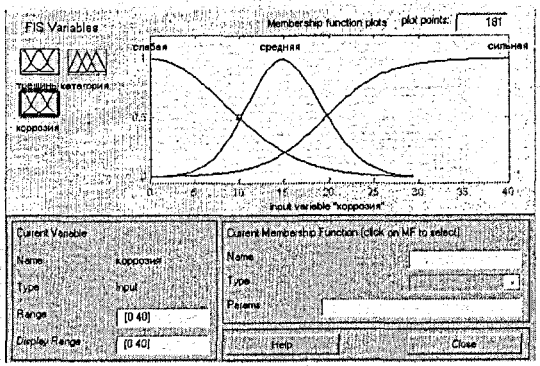


Рисунок 4 – Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «коррозия»

В качестве терм-множества выходной лингвистической переменной «категория» использовано множество T_4={«1», «2», «3»}. При этом каждому из термов выходной переменной соответствуют определенные границы: для «1» соответствует [0; 1,8], для «2» соответствует [1,2; 2,8], для «3» соответствует [2,2; 3] (рис. 5). Данные границы приняты по результатам обзора рейтинговых систем оценки дефектов строительных конструкций зданий и сооружений различных стран.

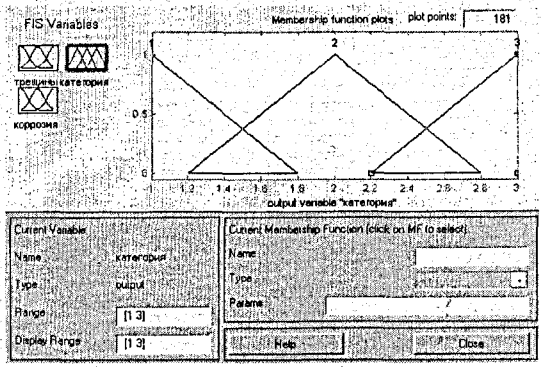


Рисунок 5 – Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для выходной переменной «категория»

Для каждого терма нами были определены типы функций принадлежности таким образом, чтобы при пересечении двух функций они не только пересекались в точке 0,5 по оси ординат, но и соответствовали границам по оси абсцисс.

После задания 24-х правил нечеткого вывода (рис. 6) выдается результат нечеткого вывода (значение выходной переменной) для конкретных значений входных переменных. По умолчанию для входных переменных предложены средние значения из интер-

вала их допустимых значений. Это означает, что при прогибе 1/100 пролета, ширине раскрытия трещин 0,5 мм и при коррозии арматуры 20% значениям входных переменных соответствует категория 2,68 (рис. 7), используя правила округления, получаем 3-ю категорию состояния конструкции.

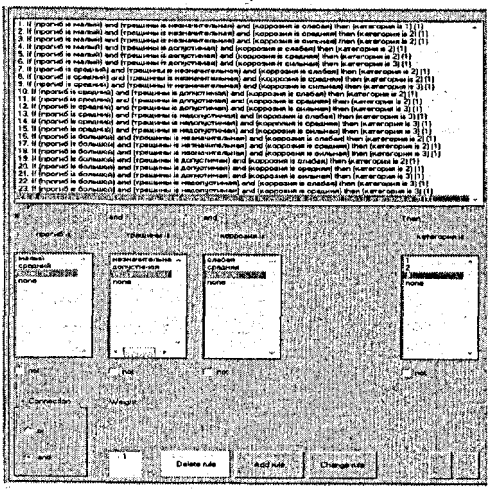


Рисунок 6 – Вид редактора правил нечеткого вывода после их определения

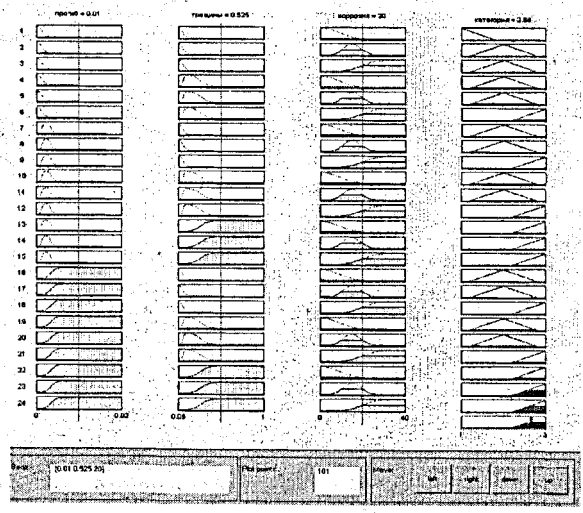


Рисунок 7 – Вид программы просмотра правил нечеткого вывода

Таким образом, в зависимости от имеющихся повреждений, техническое состояние конструкции может быть классифицировано по 3-м категориям:

Категория 1 – исправное состояние – дефекты устраняются в процессе технического обслуживания и текущего ремонта.

Категория 2 – ограниченное работоспособное состояние – опасность обрушения отсутствует. Необходимо соблюдение всех эксплуатационных требований. Возможны ограничения некоторых параметров эксплуатации. Требуется ремонт.

Категория 3 – неработоспособное состояние – необходимо срочное ограничение нагрузок. Требуется капитальный ремонт, усиление или замена элементов.

Разработанная экспертная система нечеткого вывода позволяет определить категорию технического состояния строительной конструкции на основе 3-х имеющихся факторов – прогиба, ширины раскрытия трещин и уровня коррозионного повреждения арматуры, выраженного потерей площади сечения стержня, на базе пакета Fuzzy Logic Toolbox в рамках среды MatLab [1].

Список цитированных источников

1. Яловая, Ю.С. Оценивание технического состояния конструкции по результатам натурных наблюдений с использованием теории размытых множеств / Ю.С. Яловая // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. – 2013. – № 1 (79): Строительство и архитектура. – С. 45–48.

2. Рекомендации по оценке надежности железобетонных конструкций эксплуатируемых и реконструируемых зданий и сооружений: Р 1.03.0.42.07. – Брест: БрГТУ, 2007. – 60 с.

УДК 691:620.19:(083.7)

Яловая Ю.С.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Тур В.В.

ОБЗОР РЕЙТИНГОВЫХ СИСТЕМ ОЦЕНКИ ДЕФЕКТОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ СТРАН СНГ И ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ

Качество строительства, определяющее срок службы зданий и сооружений, является одной из актуальных градостроительных проблем. Строительные конструкции зданий и сооружений со значительным сроком службы имеют, как правило, те или иные повреждения, выявление которых осуществляется при плановых и неплановых обследованиях технического состояния конструкций. Правильное определение дефектов строительных конструкций и прогноз тенденций их изменения необходимы для принятия оптимальных решений по эксплуатационным воздействиям для поддержания работоспособного состояния зданий и сооружений.

Используемые в настоящее время методы оценивания технического состояния зданий и сооружений базируются в основном на инструментальных исследованиях и рассчитаны на проведение больших организационных мероприятий, поэтому требуют привлечения значительных трудовых и денежных ресурсов. Кроме того, современные здания и сооружения характеризуются наличием элементов и конструкций, точную информацию о которых невозможно получить в реальный отрезок времени из-за необходимости проведения дорогостоящих инструментальных исследований. В соответствии с действующими нормами обследование технического состояния принято разделять на визуальное (начальное) и детальное (инструментальное) обследование. Наиболее сложная оценка относится к визуальному обследованию.

В Республике Беларусь конструкции по техническому состоянию относят к следующим категориям [1]:

I – исправное (хорошее) состояние – малозначительные дефекты устраняются в процессе технического обслуживания;

II – неисправное (удовлетворительное) состояние – дефекты устраняются в процессе технического обслуживания и текущего ремонта;

III – ограниченно работоспособное (не вполне удовлетворительное) состояние – опасность обрушения отсутствует. Необходимо соблюдение всех эксплуатационных

требований. Возможны ограничения некоторых параметров эксплуатации. Требуется ремонт;

IV – неработоспособное (неудовлетворительное) состояние – необходимо срочное ограничение нагрузок. Требуется капитальный ремонт, усиление или замена элементов или конструкций (уточняется расчетом);

V – предельное (предаварийное) состояние – требуется вывод людей из опасной зоны, срочная разгрузка конструкций и (или) устройство временных креплений с последующей разборкой и заменой конструкций.

В зависимости от класса дефектов, степени их распространения, а также от назначенной степени ответственности участка (элемента конструкции или системы), в котором обнаружены данные дефекты, определяют категорию технического состояния конструкции в соответствии с таблицей 1.

Для отнесения конструкции к конкретной категории технического состояния необходимо наличие указанного в таблице 1 сочетания параметров дефектов в любом из элементов (участков) конструкции определенной степени ответственности.

Таблица 1 – Определение категории технического состояния

Степень распространения дефектов	Категория технического состояния конструкций при различных классах дефектов		
	Критические (1 класс)	Значительные (2 класс)	Малозначительные (3 класс)
Массовые	V / IV, V	IV, V / III	III / II, III
Многочисленные	V / IV	IV / II, III	II, III / II
Единичные	IV, V / III, IV	III / II	II / I

Примечание. В числителе приведены категории для элементов первой степени ответственности, в знаменателе – второй степени ответственности.

В проекте [2] представлена оценка фактического состояния существующих мостов, осуществляемая в некоторых европейских странах, партнерах данного проекта.

Основная цель оценки состояния мостовых конструкций заключается в обнаружении повреждений уже на начальном этапе, проведение обследований и определении причин повреждений. Методики оценки состояния мостовых конструкций, необходимые для обследования и контролирования их состояния, были разработаны во многих странах. Они отличаются друг от друга в некоторых аспектах, а также в способах выражения итогового рейтинга. В некоторых странах такие методики используются уже в течение длительного времени, в других методиках используется опыт прошлых лет, а другие страны разрабатывают новые или изменяют старые методики. Обзор методик оценки состояния и классификации дефектов производится на основе имеющихся публикаций, трудов и официальных документов стран, а также из личного опыта некоторых участников BRIME проекта [2].

Датское управление дорожной службы использует для управления мостовыми опорами на магистралях и автострадах базу данных DANBRO. Целью этой системы является содействие действиям работников в поддержании мостовых опор в надлежащем состоянии с минимальными затратами. Одним из основных направлений деятельности является получение данных о состоянии мостовых опор в результате различных осмотров.

Для 15-ти стандартных компонентов мостовой конструкции дается оценка их состояния, один из которых относится к общему состоянию моста. Для каждого компонента должен быть назначен тип повреждения. Степень повреждения оценивается на месте, если возможно, с помощью геометрических приборов из инвентаря. Состояние оценива-

ется с помощью числовых значений по рейтингу, которые описывают состояние каждого обследуемого компонента мостовой конструкции. В табл. 2 приводится описание рейтинга.

Таблица 2 – Определение рейтинга

Категория	Определение повреждения
0	Нет или незначительные повреждения
1	Небольшие повреждения, но не нуждающиеся в восстановлении, кроме ухода
2	Некоторые повреждения, ремонт необходим, когда это будет удобно. Компоненты по-прежнему функционируют, как первоначально запроектировано
3	Значительный ущерб, ремонт необходим очень скоро
4	Серьезные повреждения, ремонт необходим сразу
5	Максимальные повреждения, полный отказ или риск полного разрушения компонента

Предполагается, что инспекторы должны оценить степень износа, а также решить, какие части моста нуждаются в подробном обследовании. Для каждого компонента предоставляются: типичные виды повреждений, описание каждого конкретного типа повреждений в случае, если значение рейтинга равно трём, а также описание незначительного ухода и стандартных ремонтных работ для некоторых типов повреждений. Когда значение рейтинга «3» и более – ремонтные работы должны регистрироваться. Для стандартных повреждений существует список стандартных ремонтных работ.

После оценки состояния всех компонентов, оценивается состояние всего моста на основе полученных значений. Высокое (самое неблагоприятное) значение рейтинга одного из компонентов не всегда определяет значение рейтинга всей конструкции. Окончательная оценка конструкции должна установить поврежденные компоненты, тип и степень повреждений, предполагаемое развитие повреждений и их влияние на транспортный поток и безопасность. Общее правило заключается в том, что значение рейтинга всего моста не может быть выше значения рейтинга одного из наиболее поврежденных компонентов и не может быть ниже значения рейтинга основных компонентов, таких как опоры, колонны, шарниры, панели и балки.

Оценка состояния моста производится либо на основе отчета, описывающего подробное обследование, проводимое инспектором с периодичностью один раз в год, либо на основе визуального обследования IQOA. Метод IQOA был разработан для получения специальной оценки различных частей моста. Выделяют три основные части моста: оснастка, колонны и шарниры, пролетное строение.

В ходе обследования частей моста каждому обнаруженному дефекту присваивается рейтинговое значение. Встречаемые дефекты описаны в каталоге дефектов различных типов мостовых конструкций. Дефекты пронумерованы и изображены графически. Каждый дефект описывается и классифицируется по причинам, происхождению и интенсивности. В таблице 3 представлены основные виды дефектов и повреждений.

Значение рейтинга соответствует определенному классу. В таблице 4 представлена классификация значений рейтинга по методу IQOA. Если у объекта выявлены конструкционные дефекты или недостатки, создающие угрозу безопасности эксплуатации и требующие немедленного восстановления сооружения, мосту присваивается «S» рейтинг в дополнение к одному из пяти классов, представленных в таблице 4.

На основе проанализированных требований нормативно-технических документов по оцениванию технического состояния строительных конструкций установлено, что в Республике Беларусь разработанные рейтинговые оценки позволяют с помощью визуального осмотра конструкций оценить техническое состояние зданий и сооружений. Однако приведенная рейтинговая система оценки дефектов строительных конструкций разрозненна, не имеет конкретных количественных критериев оценки, что не позволяет эффективно оценить качество строительных работ, безопасность эксплуатируемых элементов зданий и сооружений. Присвоение строительной конструкции той или иной кате-

гории по выявленным дефектам и повреждениям носит в таком случае достаточно субъективный характер и требует для обследования огромного опыта у эксперта.

Таблица 3 – Основные виды дефектов и повреждений

№ п/п	Описание дефектов и повреждений
1	Местоположение, движение (направление)
2	Выветривание, эрозионное действие воды
3	Повреждения покрытий (следы колес; трещины; ширина трещин меньше или равна 2 мм или больше 2 мм; прямой продольный элемент конструкции: ниже или выше 5 мм вокруг деформационного шва и ниже или выше 2 см опоры, прилегающей к мосту; дефекты поверхности: набухание, ослабление структуры вяжущих веществ, наличие воды, разрушение материала и т.д.)
4	Чрезмерные деформации надземной части моста
5	Трещины различного типа, вызванные наличием воды или выветривания, ширина трещин меньше либо равна 0,3 мм и больше чем 0,3 мм; трещины, вызванные возможными причинами, местоположение и направление
6	Деградация бетонной структуры, вызванная коррозией арматуры (расщепление, отслаивание) без или с существенной потерей прочности армирования
7	Увлажнение поверхности бетона, просачивание воды
8	Шарниры (чрезвычайная деформация, повреждения защиты от коррозии)
9	Повреждения деформационных швов (выравнивание, деформация контактных поверхностей, оболочки)
10	Дренажные системы: механические повреждения, неправильная обработка дренажной системы и т.д.
11	Дефекты барьеров безопасности (выравнивание, крепление, защитное покрытие и т.д.)

Таблица 4 – Классификация значений рейтинга по методу IQOA

Значен. класса	Определение
1	Мост находится в хорошем внешнем состоянии, требуется только плановое техническое обслуживание, которое определено в Инструкции по обследованию и обслуживанию моста (ITSEOA)
2 2E	Мост находится в хорошем внешнем структурном состоянии или с незначительными дефектами, которые требуют специализированного обслуживания. – Несрочные дефекты – Срочные дефекты, необходимые для предотвращения быстрого развития конструкционных недостатков. Срочность, которая приводит к классу 2E, следует оценивать с учетом дефектов, развитие которых может привести в течение короткого промежутка времени к классу 3 из-за появления крупных дефектов в структуре сооружения
3 3U	Конструкционные дефекты моста, которые требуют ремонтных работ. – Несрочные дефекты – Срочные, т.к. несущая способность моста либо уже не отвечает требованиям, либо станет в ближайшем будущем в результате быстрого развития недостатка
NE	Нет оценки

В странах Западной Европы представленные рейтинговые системы облегчают эксперту проведение оценки различных элементов конструкции. Для этого создаются специальные каталоги дефектов с их описанием, классификацией дефектов по причинам, происхождению и интенсивности.

Таким образом, для решения задач по определению достоверной картины технического состояния конструкции, а также для приведения в современный вид системы ее оценки необходимо создание своей экспертной системы определения категории технического состояния конструкции.

Список цитированных источников

1. Обследование строительных конструкций. Порядок проведения: ТКП 45-1.04-37-2008(02250). – Минск: Минстройархитектуры, 2009. – 43 с.

2. Brime PL97-2220. Review of current practice for assessment of structural condition and classification of defects // Program 4th framework program. – 1999. – 58 p.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОБЛЕМЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Анисенко О.Н.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Васильев В.В.
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ СЛУЦКОГО РАЙОНА И ПУТИ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ 4

Анисимов А.С.
Научные руководители: к.т.н., доцент Белов С.Г., ассистент Наумчик Г.О.
ВЛИЯНИЕ УДЕЛЬНОЙ ДОЗЫ ОЗОНА НА ХПК ПРОДУКТОВ ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ 6

Багель И.А.
Научный руководитель: доктор с.-х. наук, доцент Желязко В.И.
СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ВОДОПРИЕМНИКАХ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ 9

Воробей А.П., Матченя А.В.
Научный руководитель: доцент Тур Э.А.
РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР АКРИЛОВЫХ АНТИКОРРОЗИОННЫХ КРАСОК 11

Воробей А.П., Матченя А.В.
Научный руководитель: доцент Тур Э.А.
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АНТИКОРРОЗИОННЫХ АКРИЛОВЫХ МАТЕРИАЛОВ 15

Друженя Д.Н, Чеканова Д.М.
Научный руководитель: зав. уч. лабораторией Прилуцкая О.Е.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМНАТНЫХ РАСТЕНИЙ КАК ФИТОФИЛЬТРОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ И ОЗДОРОВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА 20

Корбулаева Е.А.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Житенев Б.Н.
ДЕСТРУКЦИЯ КРАСИТЕЛЯ В ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЕ С НЕРАСТВОРИМЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ 23

Ларьков Е.О.
Научный руководитель: доктор с.-х. наук, доцент Желязко В.И.
ОСОБЕННОСТИ МЕЛИОРАЦИИ ОБЪЕКТА «РЫТОВСКИЙ ОГОРОД» 27

Ромусик А.А.
Научный руководитель: к.т.н. Житенев Б.Н.
ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ПЕСТИЦИДОВ ДЕСТРУКЦИЕЙ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ 29

Старченков М.С.
Научный руководитель: доктор с.-х. наук, доцент Желязко В.И.
МЕЛИОРАЦИЯ ЗАПАДИННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОДОЕМОВ-КОПАНЕЙ 32

Филипчик П.С.
Научные руководители: к.т.н., доцент Водчиц Н.Н., доцент Громик Н.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОБОДНОГО ВЫХОДА ПОТОКА ИЗ ДИФФУЗОРА 35

Худобич Д.С.
Научный руководитель: м.б.н., ст. преподаватель Кобринец Л.А.
МИКРОБИОЦЕНОЗ ПОМЕЩЕНИЙ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ 38

Чеканова Д.М., Друженя Д.Н.
Научный руководитель: зав. уч. лабораторией Прилуцкая О.Е.
ИЗУЧЕНИЕ ФИТОНЦИДНОЙ АКТИВНОСТИ КОМНАТНЫХ РАСТЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ПЕЛАРГОНИИ ЗОНАЛЬНОЙ И БЕГОНИИ КЛУБНЕВОЙ 40

Чернявская В.Р., Банько И.В.
Научный руководитель: доцент Левчук Н.В.
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ... 41

Ярощик А.А.
Научный руководитель: ст. преподаватель Шешко Н.Н.
К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В РБ 44

ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Антоник И.А.
Научные руководители: к.т.н., доцент Махнист Л.П., доцент Гладкий И.И.
О МОМЕНТАХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПУАССОНА 47

Брагинский А.А., Концевой М.М.
Научный руководитель: профессор Муравьев Г.Л.
ПОДХОДЫ, КЛАССЫ, АЛГОРИТМЫ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ 51

Канашук А.А.
Научный руководитель: ст. преподаватель Тузик И.В.
ПРОГРАММА ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ЧАСТИЧНЫХ АВТОМАТОВ 52

Карпук И.А.
Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Лебедь С.Ф.
ПЛОЩАДЬ ФИГУРЫ И ДЛИНА ДУГИ ПРИ КОНФОРМНОМ ОТОБРАЖЕНИИ 54

Климович А.Н., Максимук С.В.
Научный руководитель: профессор Муравьев Г.Л.
ПОДХОДЫ, КЛАССЫ, АЛГОРИТМЫ ГЕНЕРАЦИИ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОИЗВОЛЬНЫХ СЕТЕЙ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ 56

Кузнецов А.Б., Концевич В.А.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Шуть В.Н.
ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ДОРОЖНЫХ ЗАТОРОВ ПУТЁМ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО ПУТИ 58

Курган А.М., Медведский К.И, Сагоян А.Л.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Шуть В.Н.
НАВИГАЦИОННО-ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА АВТОТРАНСПОРТА ЭКСТРЕННЫХ СЛУЖБ 60

Лапич С.В.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Дереченник С.С.
ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В КОНТАКТНОЙ СИСТЕМЕ «КРИСТАЛЛ-ВЫВОД» СИНТЕТИЧЕСКИХ АЛМАЗНЫХ ТЕРМОРЕЗИСТОРОВ 63

Латий О.О.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Хведчук В.И.
ЭЛЕМЕНТЫ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ ТОКА КРОВИ 65

Липовцев А.П.
Научные руководители: доцент Янусик И.С., учитель физики Липовцева Н.Ф.
ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЯЧИХ ВОЛН 67

Липовцев А.П.
Научные руководители: к.т.н., доцент Махнист Л.П., к.ф.-м.н., доцент Каримова Т.И.
О МОМЕНТАХ БИНОМИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ 71

Мокин А.А., Бруцкий В.Р.
Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Ракецкий В.М.
ЧИСЛЕННОЕ СРАВНЕНИЕ ПРЯМОГО ОПОРНОГО МЕТОДА С МЕТОДАМИ СОПРЯЖЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ 74

Радкович А.С., Охремюк Д.П.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Шуть В.Н.
МНОГОАГЕНТНАЯ СИСТЕМА ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ 78

Рыщук А.С., Козеко Е.Л.
Научный руководитель: профессор Муравьев Г.Л.
РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ СЕТЕЙ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ 80

Сухоцкий Р.П.
Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Лебедь С.Ф.
ПРОИЗВОДЯЩАЯ ФУНКЦИЯ 82

Шитиков А.В.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.
ВИДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА СОСТОЯНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ 85

Шитиков А.В.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.
УСТРОЙСТВА МОНИТОРИНГА БИОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА ЭВМ 88

Якимович К.С.
Научный руководитель: доцент Пинчук А.И.
МИКРОИНДЕНТИРОВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ СУРЬМЫ В УСЛОВИЯХ ПРИЛОЖЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ 92

ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Белобородов А.Н., Есавкин А.Э.
Научный руководитель: ст. преподаватель Есавкин В.И.
ГАЗИФИЦИРОВАННЫЙ БЕНЗИН (БЕНЗОГАЗ). ЕГО ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ 95

Вовна М. С.
Научный руководитель: ст. преподаватель Мирошниченко И.А.
МЕТОДИКА ХОЛОДНОГО НАКАТЫВАНИЯ МЕЛКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС, ШЛИЦОВ. ПРЕИМУЩЕСТВА НАКАТКИ ПЕРЕД НАРЕЗАНИЕМ 99

Вовна М.С., Рапинчук Э.С.
Научный руководитель: ассистент Гарбачевский В.В.
МОДУЛЬ VB ДЛЯ РАСЧЕТА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОФИЛЯ И НАПРЯЖЕНИЙ В СЕЧЕНИИ ПРИ ВНЕЦЕНТРЕННОМ РАСТЯЖЕНИИ-СЖАТИИ 104

Гордеюк Д.В.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Григорьев В.Ф.
РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШПИНДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ 108

Ермолич М.В., Горбач Н.М.
Научные руководители: профессор Сазонов М.И., доцент Черноиван Н.В.
ПЛАЗМОТРОН ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СТАЛЕЙ 111

Кардаш Н.Н.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Горбунов В.П.
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ НА ТОЧНОСТЬ КООРДИНАТНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПРИВОДА СТАНКА 114

Кардаш Н.Н.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Горбунов В.П.
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПЕРЕДАЧИ «ВИНТ-ГАЙКА» КАЧЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ КООРДИНАТНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ЗАТОЧНОГО СТАНКА МОДЕЛИ ВЗ-632Ф2 117

Козлович К.А.
Научный руководитель: доцент Прокопеня О.Н.
АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА 119

Костючик Ю.И.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Горбунов В.П.
МОДЕЛИРОВАНИЕ СМЕЩЕНИЯ КОРПУСА ШПИНДЕЛЬНОЙ БАБКИ ТОКАРНОГО СТАНКА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ 122

Левanович А.В.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Драган А.В.
ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС МНОГОВАЛЬНЫХ ПРИВОДОВ ПО ВИБРОАКУСТИЧЕСКИМ СИГНАЛАМ 125

Ниничук А.В.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Санюкевич Ф.М.
КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И СИЛОВОЙ РАСЧЕТЫ ПЛАНЕТАРНЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ 129

Русецкий Э.В.
Научный руководитель: доцент Хвисевич В.М.
РАСЧЁТ ТОНКОСТЕННЫХ ОБОЛОЧЕК, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ АНАЛИЗ 132

Фу Чао (КНР)
Научный руководитель: доцент Медведев О.А.
ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА СВЕРЛЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМАЛЬНОЙ ТРУДОЕМКОСТИ 135

Халецкий Е.А.
Научный руководитель: ст. преподаватель Добрияник Ю.А.
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ И ЕЁ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ МАШИН 138

ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

Алексеев Т.Ю.
Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.
УЧЕБНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА РАСЧЕТА СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ РАМ МЕТОДОМ СИЛ 144

Алексеев Т.Ю.
Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.
АЛГОРИТМ УЧЕБНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ РАМ МЕТОДОМ СИЛ 147

Алексеев Т.Ю.
Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.
К РАСЧЁТУ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ РАМ МЕТОДОМ СИЛ 149

Блошук Ю.В., Цебрук К.А, Кузьмич И.С.
Научные руководители: профессор Уласевич В.П., к.т.н., ст. преподаватель Якубовская О.А.
РОЛЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИНЖЕНЕРНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ И КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ 152

Богдевич Ю.М., Веремчук А.А.
Научный руководитель: ст. преподаватель Кароза А.И.
БЕЗБАРЬЕРНАЯ СРЕДА И АРХИТЕКТУРА 155

Боровикова А.В., Семенюк А.А.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Кузьмич П.М.
О ВЛИЯНИИ ТОПОЛОГИИ СЕТЕВОЙ МОДЕЛИ НА ОБЩУЮ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ КОМПЛЕКСА РАБОТ 159

Вакунова Я.И., Троцюк И.А.
Научный руководитель: профессор Яромич Н.Н.
О ПОВЫШЕНИИ ОБОСНОВАННОСТИ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРИ РАСЧЕТЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ НЕДВИЖИМОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕСКОЛЬКИХ МЕТОДОВ 161

Веренич А.А.
Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.
О ВЛИЯНИИ УПРУГО-ПОДАТЛИВОГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ К УЗЛАМ В СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМАХ 163

Винник А.Н., Микитич Е.С.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Винник Н.С.
ПРИМЕНЕНИЕ ПРОСТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В АРХИТЕКТУРНЫХ СООРУЖЕНИЯХ 167

Воробей А.В.
Научный руководитель: профессор Устинов Б.С.
ОСОБЕННОСТИ ЭКЛЕТИКИ В АРХИТЕКТУРЕ ГОРОДА БРЕСТА ВТОРОЙ ПОЛОВ. XIX – НАЧ. XX ВВ. 171

Галожин И.С., Прокопук Е.С.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Зуева Л.Ф
СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРЕНА ВЫСОТНОГО СООРУЖЕНИЯ СПОСОБОМ КООРДИНАТ И С ПОМОЩЬЮ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ФОРМУЛ 173

Гетман У.А.
Навуковы кіраўнік: ст. выкладчык Мхаян Т.М.
ОРДАР І ЯГО ЭЛЕМЕНТЫ: ЭТЫМАЛОГІЯ І АДАПТАЦЫЯ ЛЕКСЕМ У БЕЛАРУСКАЙ МОВЕ 177

Гетман У.А.
Навуковы кіраўнік: ст. выкладчык Мхаян Т.М.
ЛЕКСІКА-ГРАМАТЫЧНАЯ ХАРАКТАРЫСТЫКА ТЭРМІНАЛОГІІ ПАДМОВЫ АРХІТЭКТУРНАГА ПРАЕКТАВАННЯ 180

Дереченник С.С.
Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор Рычков Ю.М.
ВИБРОДИАГНОСТИКА ЭЛЕМЕНТОВ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИГНАЛА «БЕЛОГО ШУМА» 184

Друшиц Д.В.
Научные руководители: доцент Пчелин В.Н., к.т.н., доцент Юськович В.И.
СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ГЛУБИННОГО УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА РАБОЧИМ ОРГАНОМ С ЛОПАСТЯМИ 187

Друшиц Д.В.
Научные руководители: к.т.н., доцент Юськович В.И., доцент Пчелин В.Н.
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЛУБИННОГО УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА РАБОЧИМ ОРГАНОМ С ВИНТОВОЙ ЛОПАСТЬЮ, СНАБЖЕННОЙ ОТБОЙНЫМИ ПЛАСТИНАМИ 190

Дюрдь В.В.
Научный руководитель: доцент Чернюк В.П.
РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО УГЛА ЗАОСТРЕНИЯ СВАИ ПРИ ПОГРУЖЕНИИ В ГРУНТ 193

Зубко В.А.
Научный руководитель: ст. преподаватель Леванюк С.В.
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АРЕНДНОГО ЖИЛЬЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ 197

Климук Н.А.
Научный руководитель: кандидат архитектуры, доцент Залесская Г.Л.
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ ЮГО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА БЕЛАРУСИ XIX – НАЧАЛА XX ВЕКОВ КАК ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ 201

Коденская Т.И.
Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.
О ВЛИЯНИИ СДВИГОВЫХ И ПРОДОЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НА УСИЛИЯ В ДВУХШАРНИРНЫХ АРКАХ 204

Козлович Ю.Н.
Научный руководитель: доцент Ширяева Л.А.
ТУРИСТИЧЕСКИЙ МАРШРУТ ПО АРХИТЕКТУРНО-ИСТОРИЧЕСКИМ ПАМЯТНИКАМ И ЛАНДШАФТНЫМ ЗАПОВЕДНИКАМ БЕРЕЗОВСКОГО РАЙОНА 207

Козловский Д.С.
Научный руководитель: к.т.н., профессор Шведовский П.В.
РЕГЕНЕРАЦИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПО ГОРЯЧЕЙ ТЕХНОЛОГИИ 210

Козловский Д.С.
Научный руководитель: к.т.н., профессор Шведовский П.В.
ТЕХНОЛОГИЯ ЯМОЧНОГО РЕМОНТА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГОРЯЧИХ ЛИТЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ 215

Коршун А.Ю.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Захаркевич И.Ф.
АНАЛИЗ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВИСЯЧИХ ДЕРЕВЯННЫХ СТРОПИЛ 217

Кредько В.А.
Научный руководитель: к.т.н., профессор Черноиван В.Н.
ЭФФЕКТИВНАЯ СТЕНОВАЯ ПАНЕЛЬ С ГЕРМЕТИЧНЫМ РЕШЕНИЕМ СТЫКОВ 223

Куксин А.Н.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Кандыбо С.Н.
ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММ SURFER И CREDO ТОПОПЛАН 226

Курилович А.О.
Научный руководитель: доцент Дедок В.Н.
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДЕФОРМИРОВАНИЯ НАМЫВНЫХ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ 229

Ланских В.Э.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Шалобыта Т.П.
ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ САМООЧИЩАЮЩЕГОСЯ СТЕКЛА НА ОСНОВЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ ДИОКСИДА ТИТАНА 231

Ланских В.Э.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Шалобыта Т.П.
ПУТИ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛООБМЕНА С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ВИДОВ ОСТЕКЛЕНИЯ 234

Луцык А.А.
Научный руководитель: профессор Яромич Н.Н.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ОЦЕНОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В США И РБ 238

Маевский И.А., Яninко Д.Г.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Шалобыта Т.П.
СПОСОБЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ 240

Мартысюк Р.М., Наумчик Т.М., Пашкевич И.В.
Научные руководители: доцент Мордвилко В.И., ст преподаватель Полюхович А.А.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ ЭФФЕКТИВНЫХ УТЕПЛИТЕЛЕЙ (ЦЕЛЛЮЛОЗНЫЙ УТЕПЛИТЕЛЬ) В СТРОИТЕЛЬСТВЕ 244

Малиновский В.Н., Матвеенко Н.В.
НОВОЕ КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ КАРКАСА ОДНОЭТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ 247

Матчан А.В., Кискевич П.В, Желудко А.А
Научные руководители: ст. преподаватель Воробей А.В., ст. преподаватель Кароза А.И
ВОЛЫНСКОЕ УКРЕПЛЕНИЕ БРЕСТСКОЙ КРЕПОСТИ. ИСТОРИЯ. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ 252

Никитчик Т.А.
Научный руководитель: доцент Ширяева Л.А.
БРЕСТСКИЙ СВЯТО-НИКОЛАЕВСКИЙ СОБОР В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XIX В. ЭПИЛОГ 256

Осопрелко А.Г., Лыщик Д.Ю.
Научный руководитель: доцент Мордвилко В.И.
ВИДЫ МАНСАРДНЫХ ОКОН. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ 260

Поляшенко О.Д., Скалкович Ю.С.
Научные руководители: ст. преподаватель Кароза А.И.; ст. преподаватель Власюк Н.Н.
НЕИЗВЕСТНЫЕ ФАКТЫ ИЗ ИСТОРИИ АРХИТЕКТУРЫ Г. БРЕСТА 263

Семенюк О.С.
Научный руководитель: д.т.н., профессор Тур В.В.
ПРИМЕНЕНИЕ БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРЫ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ САМОНАПРЯЖЁННЫХ КОНСТРУКЦИЙ 265

Семенюк О.С.
Научный руководитель: д.т.н., профессор Тур В.В.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОСТИГАЕМОЙ ВЕЛИЧИНЫ САМОНАПРЯЖЕНИЯ В САМОНАПРЯЖЁННЫХ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ С АРМИРОВАНИЕМ В ВИДЕ БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРЫ 268

Фалько Ю.А., Фундамент С.В.
Научный руководитель: доцент Чернюк В.П.
РАСЧЁТ ОПТИМАЛЬНОГО УГЛА ЗАОСТРЕНИЯ СВАИ ИЗ УСЛОВИЯ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ ГРУНТА 273

Фундамент С.В.
Научный руководитель: доцент Чернюк В.П.
СВАЙНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ И ОПОРЫ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ..... 276

Хоронжевская А.Ю.
Научный руководитель: к.э.н., доцент Кочурко А.Н.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ «ОЦЕНКА ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ СРАВНИТЕЛЬНЫМ МЕТОДОМ» 278

Хоронжевская А.Ю.
Научный руководитель: к.э.н., доцент Кочурко А.Н.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ПОДХОД ОЦЕНКИ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ: ПОДБОР И РАЗРАБОТКА КОРРЕКТИРОВОК, АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА 280

Царук О.Г.
Научный руководитель: ст. преподаватель Леванюк С.В.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИБЫЛИ И РЕНТАБЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЗА ТРИ ГОДА НА ПРИМЕРЕ КУПСП «БРЕСТЖИЛСТРОЙ» 284

Царук О.Г.
Научный руководитель: ст. преподаватель Леванюк С.В.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛИКВИДНОСТИ, АКТИВОВ И ПАССИВОВ БАЛАНСА СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЗА ТРИ ГОДА НА ПРИМЕРЕ КУПСП «БРЕСТЖИЛСТРОЙ» 287

Цупа М.В.
Научный руководитель: ст. преподаватель Лаппо М.Г.
КОЛОРИТ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ Г. БРЕСТА 290

Червяковский А.В.
Научный руководитель: доцент Матчан В.А.
ВЛИЯНИЕ ТЕРМОВКЛАДЫШЕЙ И УТЕПЛЕНИЯ КОЛОННЫ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ СТЕН 293

Черетович Д.В.
Научные руководители: доцент Ширяева Л.А., доцент Фоменкова С.Ф.
СОЗДАНИЕ ТУРИСТИЧЕСКОГО МАРШРУТА И РАЗВИТОЙ СИСТЕМЫ СКОРОСТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЭЛЕКТРИЧКИ В Г. БРЕСТЕ 296

Юшкевич А.Н.
Научный руководитель: к.т.н., ассистент Черноиван А.В.
МЕТОДЫ УЧЕТА ЗАВОДСКОЙ СТОИМОСТИ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ВАРИАНТНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ 299

Юшкевич А.Н., Шкута Ч.С.
Научный руководитель: доцент Срывкина Л.Г.
ФОРМА ЛОКАЛЬНОЙ СМЕТЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ РЕСУРСНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕТНОЙ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА 303

Шкута Ч.С., Юшкевич А.Н.
Научный руководитель: доцент Срывкина Л.Г.
АНАЛИЗ ПОРЯДКА СОСТАВЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ СМЕТ РЕСУРСНЫМ МЕТОДОМ 306

Яловая Ю.С.
Научный руководитель: д.т.н., профессор Тур В.В.
ВИЗУАЛЬНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА FUZZY LOGIC TOOLBOX В РАМКАХ СРЕДЫ MATLAB 309

Яловая Ю.С.
Научный руководитель: д.т.н., профессор Тур В.В.
ОБЗОР РЕЙТИНГОВЫХ СИСТЕМ ОЦЕНКИ ДЕФЕКТОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ СТРАН СНГ И ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ 313

Научное издание

СБОРНИК КОНКУРСНЫХ НАУЧНЫХ РАБОТ СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ

Часть I

Ответственный за выпуск ***Селезнёва С.Н.***
Редактор ***Боровикова Е.А.***
Компьютерная вёрстка ***Кармаш Е.Л.***
Корректор ***Никитчик Е.В., Щерба О.В.***

ISBN 978-985-493-255-2

Издательство БрГТУ.
Лицензия № 02330/0549435 от 08.04.2009 г.
Подписано к печати 19.07.2012 г. Формат 60×84 1/16.
Бумага «Снегурочка». Гарнитура «Arial Narrow».
Усл. п. л. 18,83. Уч.-изд. л. 20,25.
Тираж 100 экз. Заказ № 766.
Отпечатано на ризографе Учреждения образования
«Брестский государственный технический университет»
224017, Брест, ул. Московская, 267.