

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

**СБОРНИК КОНКУРСНЫХ
НАУЧНЫХ РАБОТ
СТУДЕНТОВ И
МАГИСТРАНТОВ**

Часть I

Брест 2012

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 978-985-493-225-5 (ч. I)

ISBN 978-985-493-224-8

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 Муравьев 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 978-985-493-225-5 (ч. I)

ISBN 978-985-493-224-8

© Издательство БрГУ, 2012
государственного

**ПРОБЛЕМЫ
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО
СТРОИТЕЛЬСТВА И ОХРАНЫ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

УДК 628.316

Атабаева К.Ш.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ ДЕСТРУКЦИИ СЛОЖНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТОДОМ УФ-СПЕКТРОМЕТРИИ

Введение. При осуществлении очистки сточных вод методом озонирования сложные органические вещества деструктируются с образованием более простых. При использовании высоких доз озона теоретически возможно разрушение всех органических соединений до CO_2 и H_2O . Однако при этом необходимо обеспечить длительный контакт озона с обрабатываемыми сточными водами. На практике это практически неосуществимо, поскольку при этом необходимы большие объемы контактных резервуаров и очень высокие удельные дозы озона из-за его самораспада. Наиболее рационально разрушать сложные органические соединения, представляющие угрозу для окружающей среды и биологической очистки (как правило, это соединения, содержащие ненасыщенные связи), до более простых алифатических оксисоединений (простейшие органические кислоты, альдегиды, кетоны). Известно, что простые органические оксисоединения хорошо усваиваются микроорганизмами активного ила в процессе биологической очистки. Например, БПК_{полн} уксусной кислоты 0.86, при ХПК 1.07, БПК_{полн} муравьиной кислоты 0.28, при ХПК 0.35 [1]. Для сравнения, ХПК такого известного ароматического соединения, как нитробензол, составляет 1,91 мгО₂/мг вещества, при этом БПК_{полн} данного соединения равно нулю [1].

Однако при осуществлении озонирования возникает вопрос о методе контроля глубины деструкции органических соединений и, соответственно, удельной дозы озона. Осуществлять анализ озонированной сточной воды на предмет глубины деструкции органических соединений обычными химическими методами в производственных условиях крайне затруднительно. Использовать методы хроматографии также неудобно, т.к. требуется сложная пробоподготовка и точно не известно химическое строение анализируемых веществ. Для оперативного контроля глубины деструкции сложных органических загрязнений до простейших оксисоединений алифатического ряда хорошо подходит метод УФ-спектрометрии.

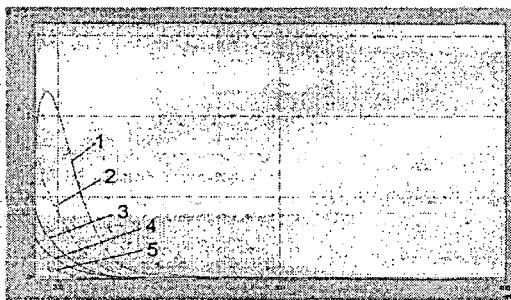
В исследованиях ряда авторов данный метод был использован для идентификации ароматических соединений в водных растворах [2], для определения влияния дозы озона на глубину деструкции органических красителей в водных растворах [3], для разработки инструментального метода определения интенсивности окраски сточных вод [4]. Поэтому в данной работе исследовалось поглощение простых алифатических оксисоединений в УФ-области для последующего использования полученных данных при разработке метода контроля глубины деструкции сложных органических соединений в водных растворах при озонировании.

Методическая часть. Исследования проводились при помощи спектрофотометра СФ-2000 с использованием кварцевых кювет с длиной оптического пути 50 мм. Шаг сканирования составлял 1 нм. Количество циклов накопления – 3. Диапазон длин волн – от 200 до 400 нм. Объектами исследований являлись растворы простых алифатических оксисоединений в дистиллированной воде. Методика проведения исследования заключалась в следующем. Приготавливалась серия растворов исследуемого соединения в дистиллированной воде в диапазоне концентраций от 100 до 5 мг/л и снимались спектры данных растворов. Максимальная исследуемая концентрация соответствовала рас-

твору, оптическая плотность которого не превышала 3 (предел измерения спектрофотометра СФ-2000), а минимальная исследуемая концентрация соответствовала раствору, оптическая плотность которого составляла 0.1, 0.2.

Экспериментальная часть. В работе исследовалось поглощение в УФ-области следующих алифатических оксисоединений: щавелевая кислота, муравьиная кислота, лимонная кислота, уксусная кислота, янтарная кислота, винная кислота, а также смесь нескольких вышеперечисленных соединений.

На рисунке 1 представлены спектры поглощения в УФ-области щавелевой кислоты. Данная кислота является одним из конечных продуктов озонирования многих органических веществ [5]. Сама щавелевая кислота с озоном реагирует крайне медленно, однако как указывалось выше, хорошо усваивается микроорганизмами активного ила в процессе биологической очистки.



1 – концентрация 25 мг/л; 2 – концентрация 10 мг/л; 3 – концентрация 5 мг/л; 4 – концентрация 2,5 мг/л; 5 – концентрация 1 мг/л

Рисунок 1 – Спектры поглощения водного раствора щавелевой кислоты

Как видно из спектров, представленных на рисунке 1, щавелевая кислота уверенно определялась до концентрации 1 мг/л, при этом максимум поглощения наблюдался в пределах 190...200 нм в зависимости от концентрации. В области УФ-спектра 250...350 нм щавелевая кислота не поглощает, поэтому с помощью УФ-спектрометрии ее можно уверенно классифицировать как простое алифатическое оксисоединение.

На рисунке 2 приведен спектр поглощения водного раствора ароматического соединения нитробензол в концентрации 5 мг/л. Видно, что нитробензол в отличие от щавелевой кислоты имеет максимум поглощения на длине волны 266 нм. Подобные максимумы поглощения, соответствующие $\pi \rightarrow \pi^*$ электронным переходам в молекулах ароматических соединений, характерны и для других соединений данного класса.

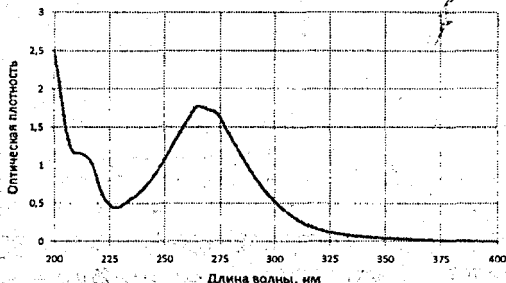
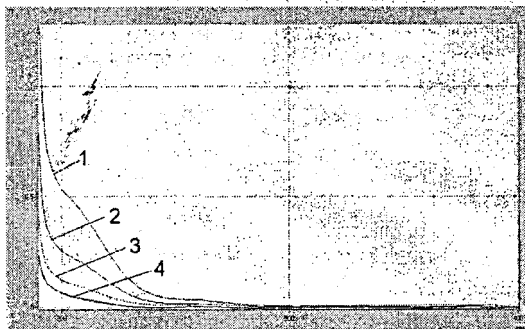
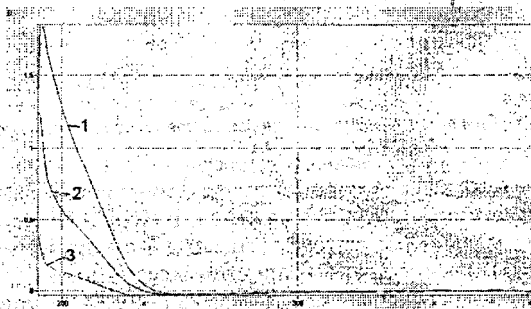


Рисунок 2 – Спектр поглощения водного раствора нитробензола в концентрации 5 мг/л

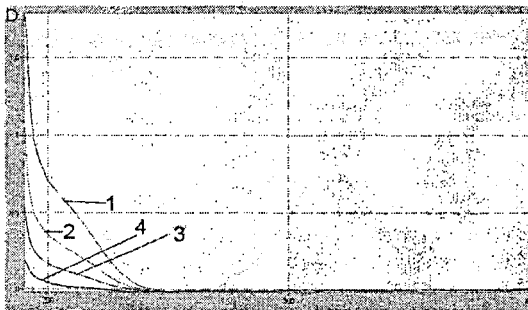
На рисунках 3...7 представлены спектры поглощения других низкомолекулярных алифатических органических кислот, которые также могут являться продуктами глубокой деструкции сложных органических соединений при озонировании. Данные спектры проявляют сходство между собой в том, что поглощение наблюдается только в области ниже 250 нм, причем форма спектра имеет гиперболическую форму с максимумом поглощения на длине волны ниже 200 нм. Никакого поглощения в области выше 250 нм данные соединения не показывают.



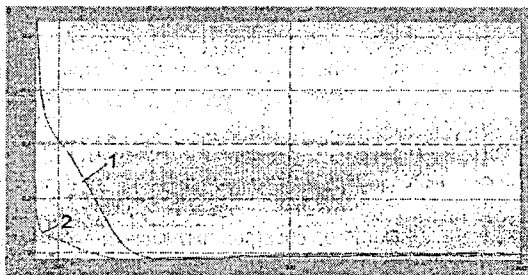
1 – концентрация 100 мг/л; 2 – концентрация 50 мг/л; 3 – концентрация 25 мг/л; 4 – концентрация 12,5 мг/л
Рисунок 3 – Спектр поглощения водного раствора муравьиной кислоты



1 – концентрация 100 мг/л; 2 – концентрация 50 мг/л; 3 – концентрация 20 мг/л
Рисунок 4 – Спектр поглощения водного раствора винной кислоты

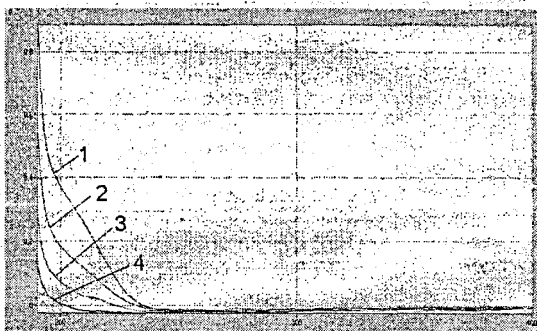


1 – концентрация 100 мг/л; 2 – концентрация 50 мг/л; 3 – концентрация 25 мг/л; 4 – концентрация 10 мг/л
Рисунок 7 – Спектр поглощения водного раствора лимонной кислоты



1 – концентрация 100 мг/л; 2 – концентрация 50 мг/л

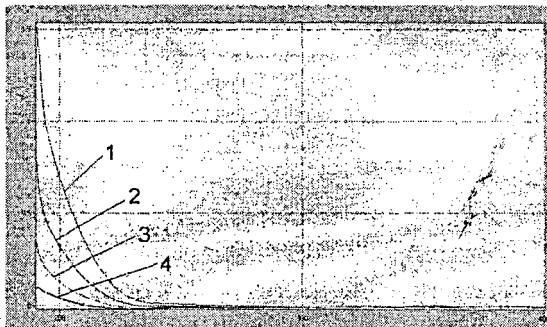
Рисунок 6 – Спектр поглощения водного раствора муравьиной кислоты



1 – концентрация 100 мг/л; 2 – концентрация 50 мг/л; 3 – концентрация 25 мг/л; 4 – концентрация 12,5 мг/л

Рисунок 5 – Спектр поглощения водного раствора янтарной кислоты

На рисунке 8 представлен спектр поглощения смеси четырех органических кислот (муравьиная, щавелевая, уксусная, винная), смешанных в равных пропорциях.



1 – концентрация 20 мг/л; 2 – концентрация 10 мг/л; 3 – концентрация 5 мг/л; 4 – концентрация 2,5 мг/л

Рисунок 8 – Спектры поглощения водного раствора смеси муравьиной, щавелевой, уксусной, винной кислот в равных пропорциях

Как показывают спектр, представленный на рисунке 8, смесь вышеуказанных органических кислот имеет похожие форму спектров поглощения со спектрами для индивидуальных данных соединений. Предел обнаружения данной смеси кислот в кюветах с ди-

ной оптического пути 50 мм составляет, как видно, около 2,5 мг/л. В производственных сточных водах исходная концентрация сложных органических соединений может достигать значительно больших концентраций, поэтому метод УФ-спектрометрии может быть очень полезен для осуществления контроля глубины деструкции сложных органических соединений при озонировании.

Вывод. В результате выполненных исследований установлено, что простые алифатические органические кислоты уверенно идентифицируются с помощью метода УФ-спектрометрии в водных растворах в концентрациях 1...50 мг/л, при этом их спектры поглощения существенно отличаются от спектров поглощения сложных органических соединений, имеющих ненасыщенные связи. Поэтому с помощью данного метода можно определить необходимую дозу озона для конкретного состава сточных вод, которая будет достаточна для деструкции сложных органических соединений до простых алифатических оксисоединений. Это имеет большое значение для совершенствования технологии очистки сточных вод методом озонирования.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Канализация населенных мест и промышленных предприятий: Справочник проектировщика / Н.И. Лихачев [и др.]; под общ. ред. В.Н. Самохина. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
2. Журавель, О.М. Об идентификации ароматических соединений методом УФ-спектрометрии / О.М. Журавель // Сборник конкурсных материалов научных работ студентов и магистрантов, Брест 12 апр. 2010 г.: в 2 ч. / БрГТУ; редкол.: В.С. Рубанов [и др.]. – Брест, 2010. – Ч. 1 – С. 131–138.
3. Житенев, Б.Н. Спектрофотометрические исследования влияния дозы озона на степень деструкции красителей в водных растворах / Б.Н. Житенев, С.Г. Белов, Г.О. Наумчик // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2012. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 90–96.
4. Житенев, Б.Н. Инструментальный метод определения интенсивности окраски сточных вод / Б.Н. Житенев, С.Г. Белов, Г.О. Наумчик // Интенсивность окраски сточных вод Научно-технические проблемы водохозяйственного и энергетического комплекса в современных условиях Беларуси: сборник материалов международной научно-практической конференции, Брест 21–23 сент. 2011 г.: в 2 ч. / Брест. гос. техн. ун-т; редкол.: П.П. Пойта [и др.]. – Брест, 2011. – Ч. 1 – С. 68–72.
5. Разумовский, С.Д. Озон и его реакции с органическими соединениями / С.Д. Разумовский, Г.Е. Заиков. – М.: Наука, 1974. – 324 с.
6. Берштейн, И.Я. Спектрометрический анализ в органической / И.Я. Берштейн, Ю.Л. Каминский. – Л.: Химия, 1986. – 199 с.

УДК 551.577 (476.7)

Волкова М.А.

Научный руководитель: к.г.н. Волчек А.А.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА ОСАДКОВ В БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

Введение. Прогнозируемое изменение глобального климата [1] уже сейчас проявляется в совокупности региональных его изменений различных временных и пространственных масштабов. Количество осадков является чувствительным индикатором изменений большинства климатических факторов. Кроме того, оно является одной из основных составляющих общего круговорота воды. Изучение изменения количества осадков имеет большой научный и практический интерес. При изучении водного баланса территорий и атмосферного водооборота, а также при анализе возможных антропогенных влияний и изменений климата надо иметь представление о количественных величинах выпадения

осадков. Кроме того, данные об осадках необходимы при решении ряда водохозяйственных проблем, в частности, при проектировании прудов и водохранилищ, а также для оценки теплоэнергетических ресурсов климата.

Современные глобальные изменения климата обусловлены взаимодействием трех групп факторов – естественные процессы автоколебаний в системе атмосфера–гидросфера–суша, долгопериодные изменения геофизических параметров и антропогенное воздействие – и проявляются в многолетних трендах теплового режима на границе атмосферы и подстилающей поверхности и в перестройке крупномасштабной циркуляции атмосферы и океана [2]. Эти изменения подтверждены многочисленными теоретическими исследованиями и инструментальными наблюдениями и, тем не менее, поиск проявления глобальных климатических изменений в регионе является важной прикладной и фундаментальной задачей, решение которой невозможно без объективного описания и поиска причин изменений составляющих водного баланса.

Целью настоящей работы является анализ временных рядов количества осадков в Брестской области Республики Беларусь для выявления закономерностей в их колебании, количественной оценки этих колебаний и построение карты количества атмосферных осадков выпадающих в Брестской области, а также построение прогнозных моделей количества осадков на ближайшую перспективу.

Исходные материалы и методы исследования. Материалом для исследования послужили данные многолетних инструментальных наблюдений за количеством атмосферных осадков, выполняемые Республиканским гидрометеорологическим центром на метеостанциях Брестской области.

Для решения поставленной задачи проанализированы материалы наблюдений за атмосферными осадками по метеостанциям (Барановичи, Брест, Ганцевичи, Дрогичин, Ивацевичи, Пинск, Полесское, Пружаны), расчетный период принят с 1950 по 2005 гг. с месячной дискретностью.

При статистическом анализе временных рядов использованы следующие методики:

- для выявления тенденций изменений использовались хронологические месячные графики колебаний и разностные интегральные кривые;
- динамика изменения временных рядов оценивалась с помощью линейных трендов

$$E = a_0 + a_1 \cdot t, \quad (1)$$

где E – исследуемая величина; a_0, a_1 – коэффициенты регрессии; t – время, год;

– для оценки различий в статистических параметрах использовался критерий Стьюдента и критерий Фишера:

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{n_x \cdot \sigma_x^2 + n_y \cdot \sigma_y^2}} \cdot \sqrt{\frac{n_x \cdot n_y \cdot (n_x + n_y - 2)}{n_x + n_y}}, \quad (2)$$

$$F = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2}, \quad (3)$$

где \bar{x}, \bar{y} – выборочные средние; σ_x^2, σ_y^2 – выборочные дисперсии; n_x и n_y – объемы выборок.

Полученное значение t критерия Стьюдента и F -критерия Фишера сравнивалось с их критическими значениями при заданном уровне значимости $\alpha = 5\%$. Если $t > t_{\alpha}$, принимается гипотеза статистического различия двух выборочных средних, а при $F > F_{\alpha}$ принимается гипотеза статистического различия в колебаниях рассматриваемых рядов.

Анализ результатов исследования. Временной ход колебаний количества осадков отслеживался с помощью хронологических графиков и разностных интегральных кривых. Анализ месячных величин количества осадков по метеостанциям Брестской области свидетельствует о наличии в многолетнем ходе этих значений статистически значимых на 95%-ном уровне линейных трендов. На рис. 1 приведен хронологический ход и линейный тренд годового количества осадков за период с 1950 по 2005 гг. по метеостанции Барановичи Брестской области. Как видно из рисунка, величина осадков возрастает. Количественная оценка изменения временных рядов количества осадков осуществлялась с помощью градиентов линейных трендов, значения которых приведены в месячном разрезе (таблица 1). Наибольшие градиенты приходятся на летние месяцы июнь – июль. Меньшие градиенты наблюдаются в осенние месяцы, и при этом они почти все отрицательные.

Для оценки различий в количестве осадков использован статистический критерий Стьюдента и критерий Фишера (оценка выборочных средних, формула (2)). Ряды наблюдений за количеством осадков были разбиты на два примерно равных периода (с 1950 по 1984 и с 1985 по 2005 гг.). Результаты статистической проверки приведены в таблице 2.

В результате анализа выборочных средних величин количества осадков по метеостанциям Беларуси статистически значимые различия были установлены практически по всем месяцам и метеостанциям. Данные таблицы 2 хорошо согласуются с таблицей 1, подтверждая выводы о различиях в количестве осадков, что свидетельствует об изменении климатических условий за последние 15–20 лет.

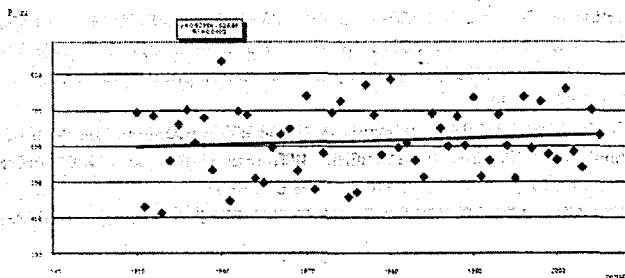


Рисунок 1 – Многолетние изменения годового количества осадков по метеостанции Барановичи

Таблица 1 – Градиенты (α , мм/10 лет) изменения количества осадков за 1950–2005 гг. по метеостанциям Брестской области

Метеостанции	Интервал осреднения												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Барановичи	1,8	1,0	1,9	-1,4	-0,5	2,0	6,9	-3,0	0,6	-2,4	-3,5	3,0	6,4
Брест	-0,6	-1,0	0,6	0,4	1,2	-3,9	2,8	-1,6	-0,9	-1,8	-2,3	-1,0	-8,1
Ганцевичи	-0,1	-0,7	1,1	0,3	-1,0	7,0	6,1	-4,0	0,4	-3,1	-2,2	0,0	3,8
Дрогичин	-0,9	-0,9	0,8	-0,6	1,8	4,0	5,2	-2,7	-0,7	0,1	-7,9	-0,5	-2,3
Ивацевичи	2,4	0,8	2,0	0,1	-0,4	1,4	2,5	-3,5	0,4	-2,3	-0,6	2,4	5,2
Пинск	1,1	0,3	1,9	0,3	-0,7	5,5	4,1	-3,6	2,0	-2,2	-1,1	-0,4	7,2
Полесское	-2,1	-2,4	-0,2	-0,6	-1,4	2,5	4,2	-7,1	0,1	-2,1	-5,1	-1,9	-16,1
Пружаны	0,6	-0,2	1,4	-0,6	0,7	-3,6	4,6	-3,7	-0,3	-1,1	-2,4	0,2	-4,4

Таблица 2 – Значения критериев Стьюдента для выборочных средних количества осадков

	Барановичи	Брест	Дрогичин	Ганцевичи	Ивацевичи	Пинск	Полесское	Пружаны
январь	1,42	2,21	0,9	1,06	1,04	0,84	0,89	1,09
февраль	0,72	1,07	0,54	0,58	0,66	0,53	0,61	0,54
март	0,64	1,21	0,93	1,12	1,1	0,8	0,8	0,6
апрель	0,83	0,52	0,66	1,45	1,58	1,21	1,55	0,6
май	0,98	0,54	0,76	0,86	0,98	1,33	0,97	1,14
июнь	0,71	1,09	0,59	0,68	0,91	0,92	0,83	1,15
июль	1,41	0,94	0,64	0,42	0,77	0,41	0,42	0,84
август	1,29	1,58	0,9	1,68	2,11	1,76	1,41	1,54
сентябрь	0,72	0,67	0,42	0,6	0,79	0,48	0,61	0,52
октябрь	0,8	2,18	0,65	0,93	1,16	1,18	1,01	1,41
ноябрь	0,77	1,14	1,57	0,98	1,03	1,14	1,6	1,03
декабрь	1,07	0,8	0,67	0,73	1,03	0,79	0,8	0,76
год	0,85	0,65	0,82	0,41	0,83	0,4	0,46	0,6
кр. зн.	1,01	1,38	0,77	1,12	1,38	1,14	1,01	1,26

Примечание: Выделены статистически незначимые величины. Знак «-» обозначает увеличение средних.

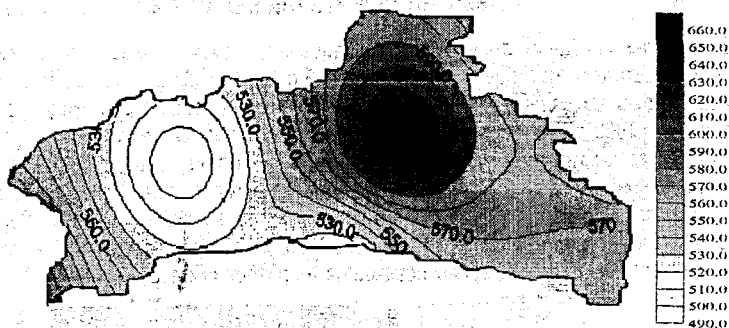


Рисунок 2 – Годовое количество осадков Брестской области (1950-2005 гг.)

Если предположить, что процессы будут такими же, то используя линию тренда, можем определить годовое количество осадков в 2020 г. (рис. 3.):

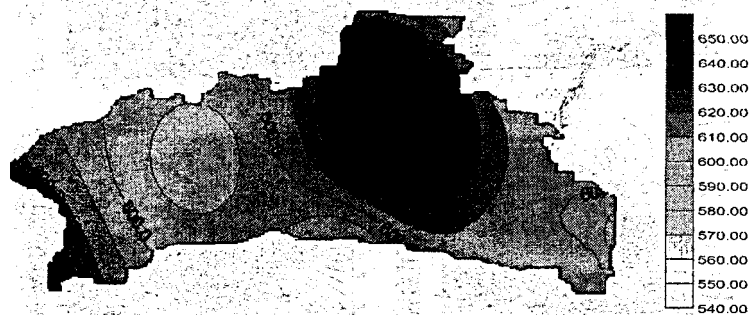


Рисунок 3 – Годовое количество осадков Брестской области (1950-2020 гг.)

Заключение. Таким образом, можно констатировать об изменении количества осадков в Брестской области, вызванные природными и антропогенными факторами. Проис-

ходящие процессы разнятся по территории. Была построена карта количества осадков, выпадающих в Брестской области, и прогнозная модель количества осадков на 2020 г. Поставленная проблема требует всесторонних дальнейших исследований, так как количество осадков потребует пересмотра нормативов при проектировании водохозяйственных объектов и разработки компенсационных мероприятий.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Климат Беларуси / Под ред. В. Ф. Логинова. – Мн.: институт геологических наук АН Беларуси, 1996. – 234 с.
2. Панин, Г.Н. Современные изменения вектора скорости ветра и интенсивности испарения с поверхности Каспийского моря / Г.Н. Панин, А.В. Дзюба // Водные ресурсы. – 2003. – Том 30, №2. – С. 198–207.

УДК 551.524.36

Горбач Н.Л., Манчак И.О.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Мешик О.П.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСФОРМАЦИЙ МАКСИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ПОЧВЫ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

В качестве исходных данных при исследовании максимальных температур почвы приняты шестидесятилетние ряды наблюдений с 1950 по 2008 гг. по 25 метеостанциям Беларуси, расположенным по исследуемой территории равномерно. Ряды разбиты на две части: с 1950 по 1975 гг.; с 1976 по 2008 гг. Основным использованным в работе методом является картографический. С целью оценки региональных различий в режимах формирования экстремумов температур почвы для установленных периодов нами построены карты разностей исследуемых характеристик за 1976-2008 гг. и 1950-1975 гг. (рис. 1). За основу нами принят апробированный ранее принцип подобного исследования трансформации атмосферных осадков на территории Беларуси [1].

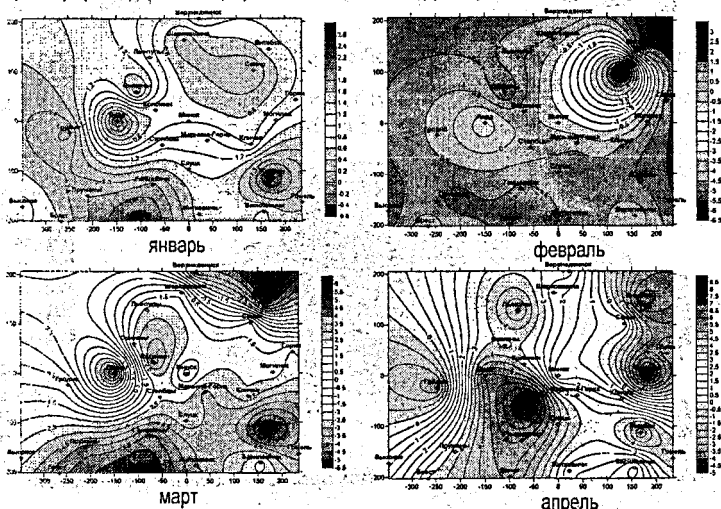


Рисунок 1 – Карты разностей средних многолетних сумм экстремальных температур почвы за периоды 1950-1975 и 1976-2008 гг.

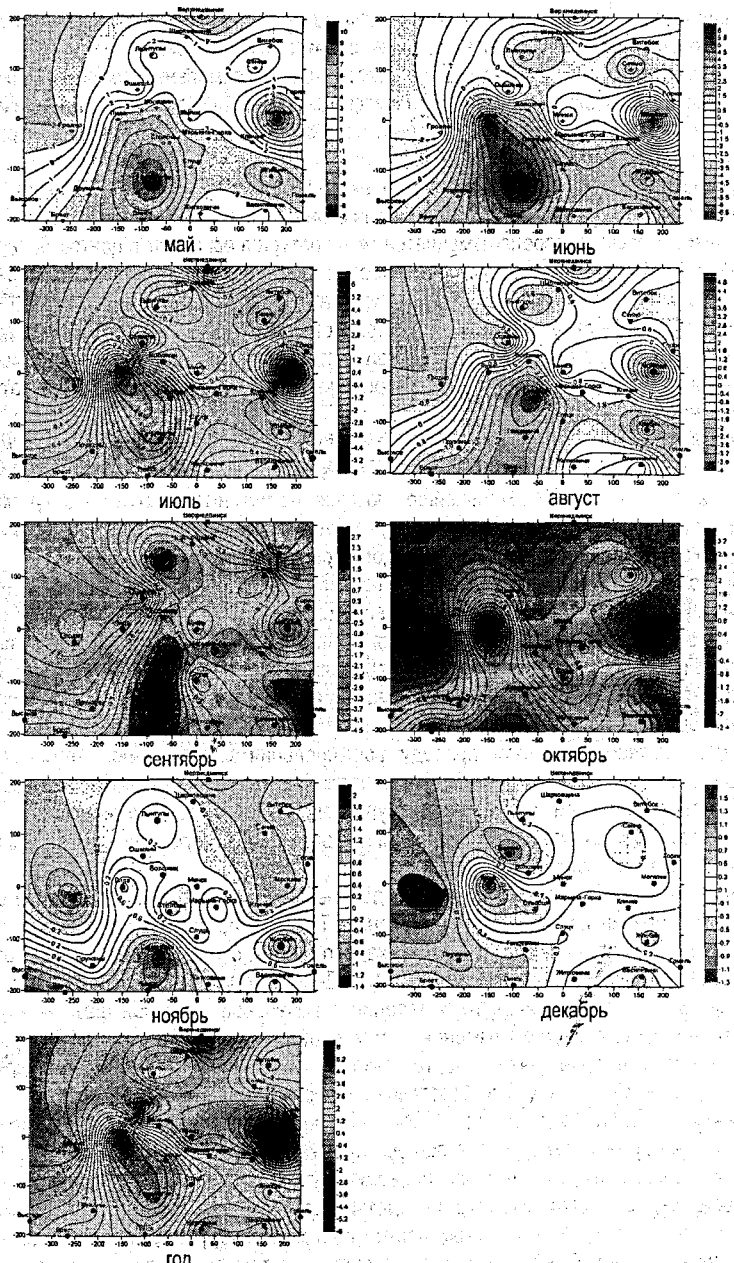


Рисунок 1 – Карты разностей средних многолетних сумм экстремальных температур почвы за периоды 1950-1975 и 1976-2008 гг. (продолжение)

Как видно, за последние тридцать лет произошли существенные изменения экстремального термического режима почв по всей территории Беларуси.

В январе происходит незначительное увеличение максимальных температур почвы на юге – на $2,5^{\circ}\text{C}$, в феврале просматривается тенденция незначительного увеличения температур, но уже охватывая всю территорию Беларуси, исключая район Сенно, там происходит снижение температуры на 6°C .

Согласно картам, в марте наблюдаются уже более значимые трансформации – повышается температура почвы до 6°C в районе станции Полесской и уменьшается в районе Лиды и Витебска. В апреле изменяется температура в основном в центре Беларуси, и уже до 8°C . Май является месяцем с наиболее статистически значимым отклонением (трансформацией) экстремальных температур (с амплитудой изменения от -7 до 10°C).

В июне мы наблюдаем потепление поверхности почвы по сравнению с периодом в 1950–1975 гг. на 6°C в центральной и южной части Беларуси. Такую тенденцию мы наблюдаем и в июле. В августе в тех же районах наблюдается увеличение температуры, но только на 5°C .

В сентябре увеличение температуры происходит и на востоке Беларуси, но на меньшую величину – до $2,7^{\circ}\text{C}$. В октябре мы наблюдаем изменения в температурном режиме почв на западе и юге на 3°C . Дальнейшее повышение максимальных температур почвы в ноябре и декабре происходит постепенно, начиная с юга и юго-востока территории Беларуси, заканчивая западом и северо-западом страны.

В годовой период амплитуда изменения температур почвы составляет от $+6$ до -6°C , где максимумы соответствует Лиде и Ганцевичам, а минимумы – Могилеву.

Так как основной источник формирования тепла в почве – это солнечная энергия, то мы можем провести параллель между колебаниями температур воздуха и почвы. В то же время полученные связи изменений максимальных температур воздуха и почвы асинхронны и несут нелинейный характер.

Это подтверждает различную природу формирования экстремального термического режима воздуха и почв, а также, что в формировании максимальных температур воздуха велика роль адвективной составляющей турбулентного теплообмена приземной атмосферы, а температуру почвы формирует приходящая на земную поверхность коротковолновая солнечная радиация.

Наибольшую значимость представляют дальнейшие исследования, связанные с установлением причин происходящих изменений. Так, многие исследователи увязывают происходящие изменения климатических характеристик с проведенными в Беларуси крупномасштабными мелиорациями [2, 3 и др.]. Действительно, на мелиорируемых землях имеет место рост суммарного испарения в начальной, активной фазе вегетации сельхозкультур, что приводит к изменению температурного фона территорий. Например, увеличение температуры почвы в марте связано с большим количеством малоснежных зим в период 1975–2008 гг. и, соответственно, снижением затрат тепла на таяние снега. Большая часть тепла стала расходоваться на нагревание воздуха и почвы. Безусловно, эта тенденция должна быть учтена при разработке хозяйственных мероприятий. Рост зимних и весенних температур почвы приводит к увеличению продолжительности вегетационного периода сельхозкультур, вследствие чего большая часть территории Беларуси получает дополнительные термические ресурсы, выгодные для интенсификации сельхозпроизводства. В целом имеет место рост сумм температур почвы за теплый период года (апрель–октябрь).

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мешик, О.П. Трансформация режима выпадения атмосферных осадков на территории Беларуси / О.П. Мешик, В.Е. Валуев // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2005. – № 3(33): Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – С. 3–6.
2. Шебеко, В.Ф. Изменение микроклимата под влиянием мелиорации болот / В.Ф. Шебеко. – Минск: Наука и техника, 1977. – 288 с.
3. Логинов, В.Ф. Влияние мелиорации на региональный климат Беларуси / В.Ф. Логинов // Природные ресурсы. – 1997. – № 1. – С. 24–28.

УДК 551.524.36

Горбач Н.Л., Манчак И.О.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Мешик О.П.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ МАКСИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Изучение региональных климатических изменений в современный период имеет большое научное и практическое значение. Эта задача особенно актуальна в отношении температур воздуха, отличающихся изменчивостью во времени и пространстве. Исследование периодических изменений температур воздуха представляет большой интерес с точки зрения прогнозирования будущих природных условий, так как изменения температурного режима сказываются и на изменении других компонентов природной среды.

Температурный фактор, являясь важной составляющей климата, претерпевает в последние десятилетия наиболее выраженные изменения. В теплый период года, когда велика высота солнца над горизонтом и продолжительность солнечного сияния, солнечная радиация формирует широтный характер изменения температурного режима территории Беларуси. В холодный период года температурный режим определяется, в основном, циркуляцией атмосферы. Аккумулятор тепла – Атлантический океан и господствующий в умеренных широтах западный перенос воздушных масс оказывают основное влияние на распределение температуры приземного слоя воздуха по территории Беларуси [1].

Инструментальные наблюдения за температурами воздуха, осуществляемые на стационарной сети мониторинга Республиканского гидрометцентра, позволяют получить представление о температурном фоне любого района, определить изменения температуры по территории и на протяжении года, а также проследить температурные изменения или колебания во времени. Научный и практический интерес представляют пределы, в которых изменяется температура воздуха в течение месяца, года, т.е. предельные или экстремальные её значения. Для корректного установления теплообеспеченности конкретных районов требуются устойчивые климатические характеристики, которые можно представить как «нормы». Учитывая существующие кратко- и долгопериодические колебания климата, устойчивые характеристики, «нормы» могут быть получены лишь из длительных рядов наблюдений.

Ранее нами были исследованы трансформации максимальных температур воздуха и почвы на территории Беларуси. Исходные ряды наблюдений разделены на 2 части, позволяющие выполнить сравнительный анализ температур воздуха в современный период «потепления климата» по сравнению с предыдущим: 1950-1975 и 1976-2008 гг. По результатам исследований установлено, что происходит статистически значимое увеличение максимальных температур воздуха в холодный период года, в сред-

нем на $1,1^{\circ}\text{C}$. Уменьшились годовые амплитуды максимальных температур воздуха за счет потепления в январе на $2,2^{\circ}\text{C}$ и похолодания в июле на $0,75^{\circ}\text{C}$. Суммарно, уменьшение годовой амплитуды температур воздуха составило около 3°C , что дает возможность подтвердить складывающуюся тенденцию уменьшения континентальности климата Беларуси. Изменения температур воздуха и почвы практически во все периоды года асинхронны, и связи между ними носят нелинейный характер.

На данном этапе исследования выполнен анализ пространственно-временной изменчивости максимальных температур за весь принятый период наблюдений с 1950 по 2008 гг. с помощью картографических методов [2, 3]. В частности, исследованы тренд-поверхности, представляющие собой плоскости, описанные аппроксимирующей функцией.

Линейная поверхность тренда, представленная на рис. 1, отражает глобальную (фоновую) компоненту распределения максимальных температур воздуха по территории Беларуси.

Линейный тренд наглядно показывает увеличение максимальных температур воздуха в зимние месяцы с северо-востока на юго-запад, а в летние – с севера на юг Беларуси. Направления увеличения максимумов температур воздуха на рис. 1 показаны стрелками и определяются, в основном, атмосферной циркуляцией и широтным фактором.

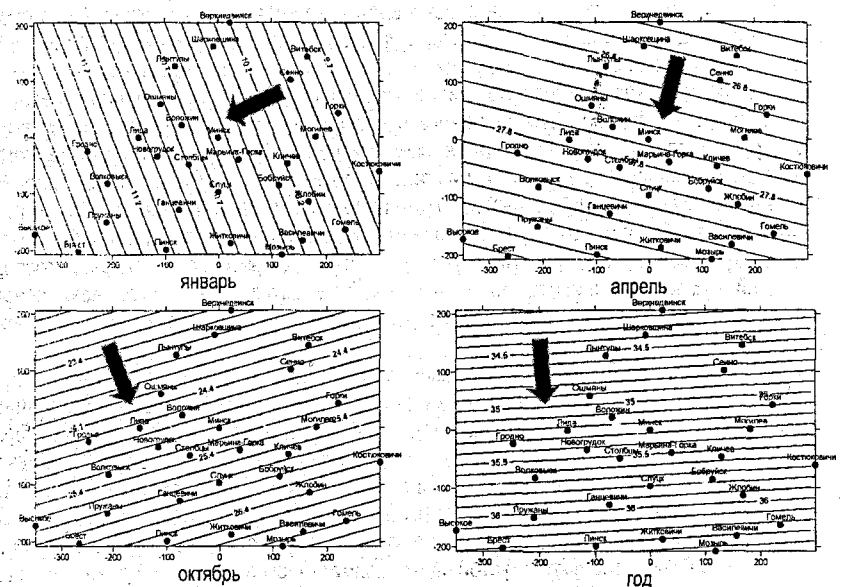


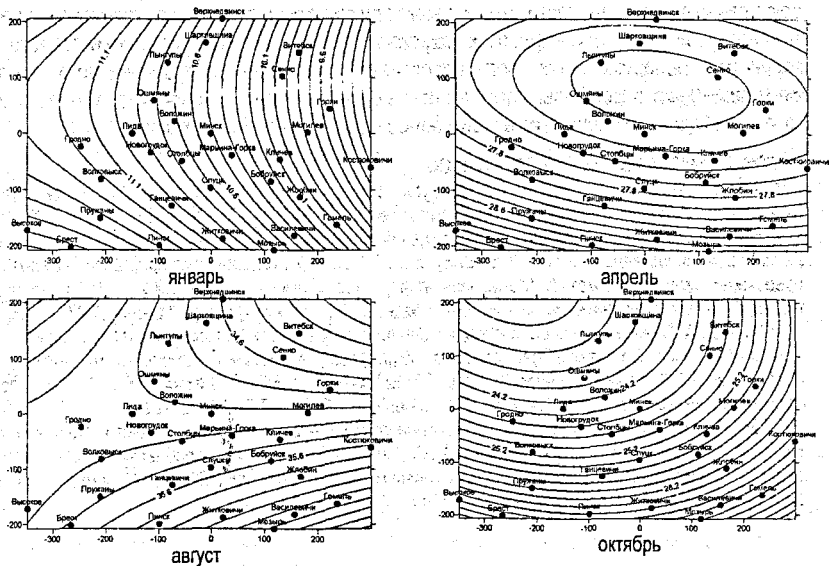
Рисунок 1 – Линейные поверхности тренда максимальных температур воздуха на территории Беларуси по отдельным месяцам и в целом за год (период 1950-2008 гг.)

На рис. 2 показаны полиномиальные поверхности тренда, дающие представление о региональной составляющей максимальных температур воздуха исследуемой территории.

Для апреля, июля, декабря характерны ядра районов с максимальными температурами воздуха в виде эллипсов, оси которых направлены в сторону преобладающего тепло-влажнопереноса. В целом полиномиальные поверхности тренда максимальных температур воздуха характеризуют неоднородность подстилающей земной поверхности в

обособленных регионах (лесистость, заболоченность, мелиорированность территории и др.) и их различное взаимодействие в характерные периоды года.

Более наглядно выявить региональную составляющую позволяет сравнительный анализ разностей величин максимальных температур воздуха и их тренд-поверхностей. Для этого строятся карты распределения максимальных температур воздуха и из них вычитаются карты линейной и полиномиальной поверхностей тренда. Данная задача технически сложная, поэтому реализуется с помощью специализированного программного обеспечения, например, Surfer. На рис. 3 приведены за годовой период: а – карта максимальных температур воздуха; б – разности между максимальными температурами воздуха и их полиномиальной тренд-поверхностью.



распределение максимальных температур воздуха по исследуемой территории. В данных районах должны предусматриваться первоочередные защитные мероприятия, предотвращающие негативное влияние экстремального температурного режима на экономику Беларуси [4]. Наиболее уязвимым здесь может оказаться сельское хозяйство, животный и растительный мир, жизнедеятельность человека и др.

Следует отметить, что наибольший вклад в общий недоучет (отрицательные разности) максимальных температур воздуха вносят именно местные факторы, так, например, отрицательные разности в центральной части обусловлены возвышенностями: Ошмянской, Минской и Новогрудской, Копыльской грядами, на северо-востоке Беларуси – Оршанской и Горецко-Мстиславской возвышенностями. Теплые воздушные потоки огибают данные возвышенности, что и характеризует такое распределение максимальных температур воздуха, формируемых коротковолновой солнечной радиацией. Однако для территории Беларуси велика роль адвективной составляющей турбулентного теплообмена приземной атмосферы, когда на исследуемую территорию проникают, прежде всего, с юга воздушные массы, имеющие более высокое теплосодержание.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Климат Беларуси / Академия наук Беларуси, Комитет по гидрометеорологии МЧС Республики Беларусь; под ред. В.Ф. Логинова. – Минск: Институт геологических наук АН Беларуси, 1996. – 234 с.
2. Валуев, В.Е. О целесообразности проведения тренд-анализа в прогнозировании изменения природно-агрометеорологических систем / В.Е. Валуев, О.П. Мешик // Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий: мат. IV Межд. науч.-практ. конф., Гомель, октябрь 2002 г. / УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»; редкол.: А.Н. Кусанков [и др.]. – Гомель, 2002. – С. 30–31.
3. Волчек, А. Оценка локальной составляющей погодных аномалий на основе анализа поверхностей тренда / А. Волчек, О. Мешик // Проблемы водных ресурсов, геотермии и геоэкологии: мат. Межд. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. акад. Г.В. Богомолова, Минск, 1–3 июня 2005 г. / НАН Беларуси; редкол.: Я.И. Аношко [и др.]. – Минск: ИГиГ НАН Беларуси, 2005. – Т.2. – С. 225–227.
4. Волчек, А.А. Исследование пространственного распределения на территории Беларуси экстремальных температур воздуха / А.А. Волчек, О.П. Мешик // Региональные проблемы экологии: пути решения: тез. докл. II Межд. экологического симпозиума, Полоцк, сентябрь 2005 г. / Полоцкий госуниверситет; редкол.: В.К. Липский [и др.]. – Полоцк: УО «ПГУ», 2005. – С. 9–11.

УДК 620.9:502.1

Кисляк А.Б.

Научный руководитель: доцент Босак В.Н.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Целью работы является оценка известных способов получения традиционной энергетики.

Введение

Энергетика – это та отрасль производства, которая развивается невиданно быстрыми темпами. Нет основания ожидать, что темпы производства и потребления энергии в ближайшей перспективе существенно изменятся, поэтому важно получить ответы на следующие вопросы:

- какое влияние на биосферу и отдельные ее элементы оказывают основные виды современной (тепловой, водной, атомной) энергетики и как будет изменяться соотношение этих видов в энергетическом балансе в ближайшей и отдаленной перспективе;
- можно ли уменьшить отрицательное воздействие на среду современных (традиционных) методов получения и использования энергии;

• каковы возможности производства энергии за счет альтернативных (нетрадиционных) ресурсов, таких как энергия солнца, ветра, термальных вод и других источников, которые относятся к неисчерпаемым и экологически чистым.

В настоящее время энергетические потребности обеспечиваются в основном за счет трех видов энергоресурсов: органического топлива, воды и атомного ядра. Энергия воды и атомная энергия используются человеком после превращения ее в электрическую энергию. В то же время значительное количество энергии, заключенной в органическом топливе, используется в виде тепловой, и только часть ее превращается в электрическую. Однако и в том и в другом случае высвобождение энергии из органического топлива связано с его сжиганием, следовательно, и с поступлением продуктов горения в окружающую среду.

1. Экологические проблемы тепловой энергетики

За счет сжигания топлива (включая уголь, дрова и другие биоресурсы) в настоящее время производится около 90% энергии. Доля тепловых источников уменьшается до 80-85% в производстве электроэнергии. При этом в промышленно развитых странах нефть и нефтепродукты используются в основном для обеспечения нужд транспорта [1, с.297].

Сжигание топлива – не только основной источник энергии, но и важнейший поставщик в окружающую среду загрязняющих веществ. Тепловые электростанции в наибольшей степени «ответственны» за усиливающийся парниковый эффект и выпадение кислотных осадков. Они, вместе с транспортом, поставляют в атмосферу основную долю техногенного углерода, около 50% двуокиси серы, 35% – оксидов азота и около 35% пыли.

Можно считать, что тепловая энергетика оказывает отрицательное влияние практически на все элементы среды, а также на человека, другие организмы и их сообщества [1, с. 298].

Вместе с тем влияние энергетики на среду и ее обитателей в большей мере зависит от вида используемых энергоносителей (топлива). Наиболее чистым топливом является природный газ, далее следует нефть, каменные угли, бурые угли, сланцы, торф.

Серьезные экологические проблемы связаны с твердыми отходами ТЭС – золой и шлаками. Последние способны заметно изменить баланс солнечной радиации у земной поверхности. Они же являются ядрами конденсации для паров воды и формирования осадков; а, попадая в органы дыхания человека и других живых организмов, вызывают различные респираторные заболевания.

Выбросы ТЭС являются существенным источником такого сильного канцерогенного вещества, как бензопирен. С его действием связано увеличение онкологических заболеваний. В выбросах угольных ТЭС содержатся также окислы кремния и алюминия. Эти абразивные материалы способны разрушать легочную ткань и вызывать такое заболевание, как силикоз.

Серьезную проблему вблизи ТЭС представляет складирование золы и шлаков. Для этого требуются значительные территории, которые долгое время не используются, а также являются очагами накопления тяжелых металлов и повышенной радиоактивности.

ТЭС – существенный источник подогретых вод, которые используются здесь как охлаждающий агент. Эти воды нередко попадают в реки и другие водоемы, обуславливая их тепловое загрязнение и сопутствующие ему цепные природные реакции (размножение водорослей, потерю кислорода, гибель гидробионтов, превращение типично водных экосистем в болотные и т. п.) [1, с. 303].

2. Экологические проблемы гидроэнергетики

Одно из важнейших воздействий гидроэнергетики связано с отчуждением значительных площадей плодородных земель под водохранилища. На их месте уничтожены есте-

ственные экосистемы. Значительные площади земель вблизи водохранилищ испытывают подтопление в результате повышения уровня грунтовых вод. Эти земли, как правило, переходят в категорию заболоченных. Уничтожение земель и свойственных им экосистем происходит также в результате их разрушения водой (абразии) при формировании береговой линии. Абразионные процессы обычно продолжаются десятилетиями, имеют следствием переработку больших масс почвогрунтов, загрязнение вод, заиливание водохранилищ. Таким образом, со строительством водохранилищ связано резкое нарушение гидрологического режима рек, свойственных им экосистем и видового состава гидробионтов [1, с. 306].

Ухудшение качества воды в водохранилищах происходит по различным причинам. В них резко увеличивается количество органических веществ как за счет ушедших под воду экосистем (древесина, другие растительные остатки, гумус почв и т. п.), так и вследствие их накопления в результате замедленного водообмена.

В водохранилищах резко усиливается прогревание вод, что интенсифицирует потерю ими кислорода и другие процессы, обуславливаемые тепловым загрязнением. Последнее, совместно с накоплением биогенных веществ, создает условия для зарастания водоемов и интенсивного развития водорослей, в том числе и ядовитых сине-зеленых (цианей). По этим причинам, а также вследствие медленной обновляемости вод резко снижается их способность к самоочищению. Ухудшение качества воды ведет к гибели многих ее обитателей [1, с. 307].

3. Экологические проблемы ядерной энергетики

Ядерная энергетика до недавнего времени рассматривалась как наиболее перспективная. Это связано как с относительно большими запасами ядерного топлива, так и со щадящим воздействием на среду. К преимуществам относится также возможность строительства АЭС, не привязываясь к месторождениям ресурсов, поскольку их транспортировка не требует существенных затрат в связи с малыми объемами. Достаточно отметить, что 0,5 кг ядерного топлива позволяет получать столько же энергии, сколько сжигание 1000 тонн каменного угля. До середины 80-х годов человечество в ядерной энергетике видело один из выходов из энергетического тупика. Только за 20 лет мировая доля энергии, получаемой на АЭС, возросла практически с нулевых значений до 15-17%, а в ряде стран она стала преобладающей. Ни одна другая отрасль энергетики не имела таких темпов роста. До недавнего времени основные экологические проблемы АЭС связывались с захоронением отработанного топлива, а также с ликвидацией самих АЭС после окончания допустимых сроков эксплуатации.

При нормальной работе АЭС выбросы радиоактивных элементов в среду крайне незначительны. В среднем они в 2-4 раза меньше, чем от ТЭС одинаковой мощности [1, с. 309].

Неизбежный результат работы АЭС – тепловое загрязнение. На единицу получаемой энергии здесь оно в 2-2,5 раза больше, чем на ТЭС, где значительно больше тепла отводится в атмосферу. Выработка 1 млн. кВт электроэнергии на ТЭС дает 1,5 км³ подогретых вод, на АЭС такой же мощности объем подогретых вод достигает 3-3,5 км³.

В целом, можно назвать следующие воздействия АЭС на среду:

- разрушение экосистем и их элементов (почв, грунтов, водоносных структур и т. п.) в местах добычи руд (особенно при открытом способе);
- изъятие земель под строительство самих АЭС. Особенно значительные территории отчуждаются под строительство сооружений для подачи, отвода и охлаждения подогретых вод;
- изъятие значительных объемов вод из различных источников и сброс подогретых вод;

• не исключено радиоактивное загрязнение атмосферы, вод и почв в процессе добычи и транспортировки сырья, а также при работе АЭС, складировании и переработке отходов, их захоронениях [1, с. 311].

4. Некоторые пути решения проблем современной энергетики

Несомненно, что в ближайшей перспективе тепловая энергетика будет оставаться преобладающей в энергетическом балансе мира и отдельных стран. Велика вероятность увеличения доли углей и других видов менее чистого топлива в получении энергии. В этой связи рассмотрим некоторые пути и способы их использования, позволяющие существенно уменьшать отрицательное воздействие на среду. Эти способы базируются в основном на совершенствовании технологий подготовки топлива и улавливания вредных отходов. В их числе можно назвать следующие:

1. Использование и совершенствование очистных устройств. В настоящее время на многих ТЭС улавливаются в основном твердые выбросы с помощью различного вида фильтров. Наиболее агрессивный загрязнитель – сернистый ангидрид на многих ТЭС не улавливается или улавливается в ограниченном количестве. В то же время имеются ТЭС (США, Япония), на которых производится практически полная очистка от данного загрязнителя, а также от окислов азота и других вредных поллютантов. Для этого используются специальные десульфурационные (для улавливания диоксида и триоксида серы) и денитрификационные (для улавливания окислов азота) установки. Наиболее широко улавливание окислов серы и азота осуществляется посредством пропускания дымовых газов через раствор аммиака. Конечными продуктами такого процесса являются аммиачная селитра, используемая как минеральное удобрение, или раствор сульфата натрия (сырье для химической промышленности). Такими установками улавливается до 96% окислов серы и более 80% оксидов азота. Существуют и другие методы очистки от названных газов.

2. Уменьшение поступления соединений серы в атмосферу посредством предварительного обессеривания (десульфурации) углей и других видов топлива (нефть, газ, горючие сланцы) химическими или физическими методами. Этими методами удается извлечь из топлива от 50 до 70% серы до момента его сжигания.

3. Большие и реальные возможности уменьшения или стабилизации поступления загрязнений в среду связаны с экономией электроэнергии. Особенно велики такие возможности за счет снижения энергоемкости получаемых изделий. Например, в США на единицу получаемой продукции расходовалось в среднем в 2 раза меньше энергии, чем в бывшем СССР. В Японии такой расход был меньшим в три раза. Не менее реальна экономия энергии за счет уменьшения металлоемкости продукции, повышения ее качества и увеличения продолжительности жизни изделий. Перспективно энергосбережение за счет перехода на наукоемкие технологии, связанные с использованием компьютерных и других слаботочных устройств.

4. Не менее значимы возможности экономии энергии в быту и на производстве за счет совершенствования изоляционных свойств зданий. Реальную экономию энергии дает замена ламп накаливания с КПД около 5% флуоресцентными, КПД которых в несколько раз выше.

Крайне расточительно использование электрической энергии для получения тепла. Важно иметь в виду, что получение электрической энергии на ТЭС связано с потерей примерно 60-65% тепловой энергии, а на АЭС – не менее 70% энергии. Энергия теряется также при передаче ее по проводам на расстояние. Поэтому прямое сжигание топлива для получения тепла, особенно газа, намного рациональнее, чем через превращение его в электричество, а затем вновь в тепло.

5. Заметно повышается также КПД топлива при его использовании вместо ТЭС на ТЭЦ. В последнем случае объемы получения энергии приближаются к местам ее потребления, и тем самым уменьшаются потери, связанные с передачей на расстояние. Наряду с электроэнергией на ТЭЦ используется тепло, которое улавливается охлаждающими агентами. При этом заметно сокращается вероятность теплового загрязнения водной среды. Наиболее экономично получение энергии на небольших установках типа ТЭЦ (иогенирование) непосредственно в зданиях. В этом случае потери тепловой и электрической энергии снижаются до минимума. Такие способы в отдельных странах находят все большее применение [1, с.313].

Заключение

Таким образом, исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что современный уровень знаний, а также имеющиеся и находящиеся в стадии разработок технологии дают основание для оптимистических прогнозов: человечеству не грозит тупиковая ситуация ни в отношении исчерпания энергетических ресурсов, ни в плане порождаемых энергетикой экологических проблем. Есть реальные возможности для перехода на альтернативные источники энергии (неисчерпаемые и экологически чистые). С этих позиций современные методы получения энергии можно рассматривать как своего рода переходные. Вопрос заключается в том, какова продолжительность этого переходного периода и какие имеются возможности для его сокращения.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воронков Н.А. Экология – общая, социальная, прикладная: учебное пособие / Н.А. Воронков. – М.: Агар, 1999. – 424 с.
2. Гарин, В.М. Экология для технических вузов: учебное пособие / В.М. Гарин, И.А. Клёнова, В.И. Колесников; под ред. В. М. Гарина. – 2-е изд., доп. и перераб. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. – 384 с.
3. Кириллин, В.А. Энергетика. Главные проблемы: в вопросах и ответах. / В.А. Кириллин – М.: Знание, 1997. – 128 с.
4. Кормилицын, В.И. Основы экологии: учеб. пособ. / В.И. Кормилицын, М.С. Цицкишвили, Ю.И. Яламов. – М.: Интерстиль, 1997. – 368 с.
5. Юдасин, Л.С. Энергетика: проблемы и надежды. / Л.С. Юдасин. – М.: Просвещение, 1990. – 207 с.

УДК 582.29

Корогода П.И.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Яловая Н.П.

БИОМОНИТОРИНГ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ МЕТОДОМ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ

Без пищи человек может прожить 5 недель, без воды – 5 дней, а без воздуха – 5 минут. Поэтому чистый воздух нужен всем. Как известно, чистота воздуха зависит от самого человека. Уровень воздействия человека на окружающую среду зависит в первую очередь от технической вооруженности общества. Она была крайне мала на начальных этапах развития человечества. Однако с развитием общества, ростом его производительных сил ситуация начинает меняться кардинальным образом. XXI век – это век научно-технического прогресса, связанный с качественно новым взаимоотношением науки, техники и технологии. Он колоссально увеличивает возможные и реальные масштабы воздействия общества на природу, ставит перед человечеством целый ряд новых, чрезвычайно острых проблем, в первую очередь – экологическую. Сегодня экологическую ситуацию в мире можно охарактеризовать как близкую к критической. Загрязнение воздуха – главная проблема экологии. Брест не стал исключением. В Бресте основными ис-

точниками загрязнения воздуха являются предприятия теплоэнергетики, лесной промышленности и автотранспорт. В Республике Беларусь принято законодательство, в связи с которым, предприятия, уменьшающие свои вредные выбросы в окружающую среду, государством поддерживаются финансово. Им выдаются льготные кредиты, субсидии на обновление воздухоочистительной аппаратуры. С автотранспортом другая ситуация, там таких «поддержек» государства нет. В Бресте, как и в других областных центрах, главная роль в загрязнении воздуха принадлежит автотранспорту, насыщающему воздух отработанными газами. Одна машина в год производит 750 килограммов вредных веществ, которые попадают в атмосферу. Причём выбросы от автомобилей постоянно растут с ростом автомобильного парка. На многих перекрёстках города загрязнение выхлопными газами превышает порог допустимого почти на сорок процентов. Выбросы промышленных предприятий оказывают меньшее влияние, т.к. их количество примерно в три раза меньше, чем от автотранспорта. По данным Городской инспекции природных ресурсов и охраны окружающей среды, в среднем на 1 жителя города Бреста приходится по 10,3 кг выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников (промышленные предприятия, котельные, ТЭЦ) и по 73 кг выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников (автотранспорт). Такая обстановка объясняется тем, что большинство автотранспорта Бреста работает на бензине и дизельном топливе.

Антропогенное загрязнение атмосферы негативно сказывается на жизнеспособности организмов – уменьшается видовое разнообразие, увеличивается заболеваемость населения, сокращается продолжительность жизни людей, угнетается протекание физиологических процессов живых организмов. Как известно всем, для нормального протекания основных физиологических процессов жизнедеятельности всех живых организмов необходим чистый атмосферный воздух.

Высокая чувствительность лишайников к ингредиентному изменению состава окружающей воздушной среды позволяет использовать их в биомониторинге. Для определения чистоты воздуха в исследуемых районах (национальный парк «Беловежская пуща»; г.Брест: городской парк культуры и отдыха имени «1 Мая», улица Сикорского, улица Карбышева, улица Советской Конституции) мы использовали метод лишеноиндикации – изучение загрязнения воздуха при помощи лишайников.

На земном шаре известно более 26000 видов лишайников, и ежегодно открывают ранее неизвестные виды. В Беларуси насчитывается 477 видов лишайников, различающихся разнообразием причудливых форм и цветов. Есть лишайники в виде светлых пятен, похожих на накипь; кустистые, напоминающие миниатюрные кустики и деревья, а также листовидных форм. Заселяют они все пригодные для их жизни места, вплоть до витражных стекол и железных крыш, где ни один другой организм существовать не может. Однако внутри человеческого жилья лишайники никогда не живут. Им нужна природная среда. Только там, под воздействием давления диаспор, удивительного явления возникновения жизни из воздуха, появляется этот необычный организм, названный Тимирязевым за свою загадочность растением-сфинксом.

Лишайники представляют собой симбиотическую ассоциацию водоросли (автотрофного фикобионта) и гриба (гетеротрофного микобионта). Любое воздействие, которое изменяет баланс взаимодействия между симбионтами, влияет на их жизнеспособность. Кроме того, лишайники поглощают аэрозоли и газы всей поверхностью талломов, т.к. у них отсутствует непроницаемая кутикула, и газообмен происходит свободно, что повышает их чувствительность к загрязнению. Периодически происходящая дегидратация талломов (иссушение), позволяющая переживать лишайникам периоды засухи, приво-

дит к росту концентрации загрязняющих веществ в талломах до высоких уровней. Также всей поверхностью лишайники впитывают дождевую воду, где концентрируется много токсических газов. Эти организмы сохраняют способность к росту и при температуре ниже 0°С. Но их первый враг – загрязненный атмосферный воздух.

Мы определяли относительную чистоту атмосферы по состоянию лишайников, отмечали, какие виды лишайников нам встретились. Нами было обнаружено три вида лишайников: накипные, листоватые и кустистые.

Накипные лишайники были обнаружены во всех исследуемых районах.

Слоевница накипных лишайников имеют вид корочки, плотно сросшейся с субстратом. Толщина корочки очень различна, может быть весьма тонкой и иметь вид еле заметной накипи или порошкообразного налета; может быть толщиной 1-2 мм, а иногда бывает и довольно толстой, достигая в толщину половины сантиметра. Как правило, накипные слоевища небольших размеров. Они плотно срастаются с субстратом сердцевинными гифами. У некоторых прикрепление происходит при помощи подслоевница. Подслоевница чаще всего бывает темной окраски и обычно образовано темноокрашенными толстостенными гифами. Оно никогда не содержит водорослей.

В зависимости от субстрата, на котором произрастают накипные лишайники, среди них различают несколько экологических групп: эпилитные, развивающиеся на поверхности горных пород; эпифлодные – на коре деревьев и кустарников; эпигейные – на поверхности почвы; эпиксильные – на обнаженной гниющей древесине.

У большинства накипных лишайников слоевище развивается на поверхности субстрата. Существует группа лишайников, слоевище которых целиком растет внутри камня или коры дерева. Если такое слоевище развивается внутри камня, его называют эндолитным; если внутри коры дерева – эндофлеодным или гипофлеодным. Эти лишайники можно разделить на три группы. У представителей одной из них слоевище полностью погружено в субстрат и никогда не выступает на его поверхность, изредка выступают лишь плодовые тела лишайника; у лишайников второй группы слоевище на поверхности субстрата развивает коровый слой и зону водорослей, а в субстрате – сердцевину и зону с прикрепляющимися гифами.

Листоватые лишайники были обнаружены во всех исследуемых районах.

Слоевище листоватых лишайников имеет вид листовидной пластинки, горизонтально распростертой на субстрате. Наиболее характерна для него распростертая форма. У взрослых растений наблюдается краевой рост гиф. Наиболее простое слоевище листоватых лишайников имеет вид одной крупной округлой листовидной пластинки, достигающей в диаметре 10-20 см. Такая пластинка нередко бывает плотной, кожистой, окрашенной в темно-серый, темно-коричневой или черный цвета.

Характерной особенностью листоватого слоевища лишайников является его дорсо-вентральное строение, при котором верхняя поверхность отличается по строению и окраске от нижней. Верхняя поверхность слоевища листоватых бывает ровной, волнистой, ямчатой, голой, глянцевитой или матовой, нередко шероховатой, неровной, покрытой бугорками, бородавочками. Характерной особенностью нижней поверхности является то, что она почти всегда образует особые органы, с помощью которых листоватый лишайник прикрепляется к субстрату. В отличие от накипных лишайников, слоевище которых целиком плотно срастается с субстратом, листоватые лишайники обычно довольно рыхло с ним связаны и в большинстве случаев могут быть легко от него отделены.

В отличие от накипных лишайников у листоватых форм в слоевищах существует четкая дифференциация анатомических слоев. Как правило, под микроскопом на попереч-

ных срезах таких слоевищ можно различить 4 хорошо дифференцированных слоя: верхний коровый слой, слой водорослей, сердцевину и нижний коровый слой. Особенно большого разнообразия у листоватых лишайников достигает структура коровых слоев, которые выполняют здесь не только защитную, но и укрепляющую роль.

Кустистые лишайники были обнаружены на территории Беловежской пуши. В исследуемых районах города Бреста они не были обнаружены.

Слоевище кустистых лишайников имеет вид прямостоячего или повисающего кустика, реже неразветвленных прямостоячих выростов. По организационному уровню кустистые лишайники представляют высший этап развития слоевища. В отличие от накипных и листоватых форм лишайников, для которых характерен горизонтальный рост гиф, у кустистых лишайников наблюдается вертикально направленный рост гиф и верхушечный рост слоевищ. Это позволяет кустистым лишайникам путем изгибов веточек в разные стороны занимать наилучшее положение, при котором водоросли могут максимально использовать свет для осуществления фотосинтеза. Эти лишайники обычно прикрепляются к субстрату только небольшим участком нижней части слоевища.

Слоевище кустистых лишайников может быть разных размеров. Высота самых маленьких составляет всего несколько миллиметров, а наиболее крупных – 30-50 см. Повисающие слоевища кустистых лишайников иногда могут достигать колоссальных размеров (7-8 м). Слоевища кустистых лишайников чрезвычайно разнообразны по форме. Наиболее простые имеют вид отдельных прямостоячих неразветвленных выростов (слоевище тамнолии). Среди кустистых лишайников выделяют слоевища с плоскими и округлыми лопастями. Более примитивным типом строения являются слоевища с плоскими лопастями.

Своеобразной переходной формой между листоватыми и кустистыми лишайниками являются слоевища видов рода кладонии. Эти слоевища считаются радиально-кустистыми. У большинства тело образовано двумя типами слоевищ: горизонтальным – чешуйчатым, реже бородавчатым и вертикальным – различной формы выростами или кустиками, растущими вверх от чешуек. Чешуйки собраны в небольшие дерновинки. По анатомическому строению они обычно трехслойные. В них можно различить верхний коровый слой, слой водорослей и сердцевину. Спустя некоторое время на поверхности или по краям этих чешуек появляются вертикально направленные выросты, которые называют подециями. Форма подециев чрезвычайно разнообразна. Они могут быть простыми, неразветвленными, иметь вид шиловидных или роговидных выростов. Часто они на конце расширены в виде бокалов. Такие кубковидные подеции называют сцифами. Иногда из центра такого бокальчика вырастает еще один, а из него следующий, и таким образом развиваются как бы многоэтажные подеции, образованными сцифами. Нередко подеции бывают сильно разветвленными и имеют вид кустика. Такая форма подециев, например, очень характерна для группы кладоний, которую называют ягелем или оленьим мхом. Сердцевина подециев, примыкающая к зоне водорослей, обычно образована рыхлорасположенными гифами, а далее по направлению к центру имеет аморфное строение и состоит из плотно склеенных гиф. Иногда у крупных кустистых лишайников в условиях тундр и высокогорий развиваются добавочные прикрепительные органы, с помощью которых они прирастают к листьям осок, злаков, к веточкам карликовых берез и другим кустарничка. Эти добавочные органы прикрепления, называемые гаптерами, могут возникнуть из любой части слоевища.

Лишайники – это долгожители Земли. В связи с медленными процессами метаболизма рост их длителен. Накипные виды растут медленнее и дольше других жизненных

форм. В зависимости от условий обитания они прирастают в год от 0,25 до 1 мм. Возраст некоторых накипных видов, обитающих в Антарктиде, достигает 10000 лет. Листоватые формы прибавляют в год 1-3 мм, кустистые 2-7 мм. Рост всех форм лишайников, в зависимости от условий обитания, может колебаться, замедляясь или увеличиваясь.

Под воздействием токсических агентов происходят биохимические изменения. Характерной биохимической реакцией лишайников, происходящей под воздействием поллютантов, является деградация хлорофилла и снижение интенсивности его синтеза.

Нами установлено, что при повышении степени загрязнения атмосферного воздуха первыми исчезают кустистые жизненные формы лишайников, затем листоватые, и в последнюю очередь – накипные. Мы можем сделать вывод, что видовое разнообразие лишайников и частота встречаемости жизненных форм увеличивается при удалении от автомобильных дорог, возрастает и степень их проективного покрытия слоевищами стволов деревьев. Обследовав исследуемые районы, мы установили, что наиболее чистым является национальный парк «Беловежская пуща» – (ОЧА = 0,656), а самый загрязненный – по улице Советской Конституции (ОЧА = 0,164). Метод лишеноиндикации позволил нам установить степень загрязнения придорожных территорий на различном удалении от дорог с разной интенсивностью движения транспорта. Учитывая высокую загрязненность атмосферного воздуха вдоль автомобильных дорог, мы рекомендуем использовать для отдыха и прогулок людей, размещения детских игровых площадок более удаленные территории, а к парковой зоне микрорайона относиться бережно.

Один из способов для уменьшения загрязнения атмосферы – перевод автомобилей на использование природного газа, который полностью сгорает и содержание окиси углерода в выхлопных газах снижается в 5-6 раз, окиси азота – в 1,5 раза, сажи в сотни раз.

УДК 582.29

Корогода П.И.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Яловая Н.П.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСТОТЫ ВОЗДУХА МЕТОДОМ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ

Вопрос чистоты атмосферы на сегодняшний день является весьма важным. Целью настоящей работы является определение чистоты воздуха в исследуемых районах методом лишеноиндикации, чтобы усилить внимание к проблеме чистоты воздуха.

Хотя в Беларуси за период 2007-2011 гг. прослеживается устойчивая тенденция снижения уровня загрязнения воздуха поллютантами, мы решили провести собственное исследование.

Для определения чистоты воздуха мы использовали метод лишеноиндикации – изучение загрязнения воздуха при помощи лишайников. Лишайники – широко распространенные организмы с достаточно высокой выносливостью к климатическим факторам и чувствительностью к загрязнителям окружающей среды. Рассматривая высокую выносливость к климатическим факторам, можно отметить определённый момент: лишайники способны долгое время пребывать в сухом, почти обезвоженном состоянии, когда их влажность составляет от 2% до 10% сухой массы. При этом они не погибают, а лишь приостанавливают все жизненные процессы до первого увлажнения. Погрузившись в такой «анабиоз», лишайники могут выдерживать сильное солнечное облучение, сильное нагревание и охлаждение. Рассматривая высокую чувствительность к загрязнителям окружающей среды, хочется обратиться к истории: первые сообщения о массовой гибели

лишайников в областях промышленно развитых городов появились во второй половине XIX века. Основной причиной являлось увеличение содержания диоксида серы в воздухе, т.к. лишайники наиболее резко реагируют на диоксид серы. Из-за того, что лишайники являются организмами-биоиндикаторами, их высокая чувствительность к загрязнениям вызвана тем, что взаимодействие их компонентов легко нарушить. Из воздуха или с дождём поступают без всяких препятствий в лишайник вместе с питательными и токсичные вещества, которые вызывают физиологические нарушения и морфологические изменения, это происходит потому, что лишайники не имеют никаких специальных органов для извлечения влаги из субстрата, а поглощают её всем телом. Поглощение элементов из дождевой воды идет очень быстро и сопровождается их концентрированием. При повышении концентрации соединений металлов в воздухе резко возрастает их содержание в слоевищах лишайников, причем в накоплении металлов они далеко опережают сосудистые растения. Поэтому они особенно уязвимы к загрязнению воздуха. В лесу, где осадки проходят сквозь кроны деревьев и стекают со стволов, лишайники гораздо богаче минеральными и органическими веществами, чем на открытых местах. Особенно много минеральных и органических веществ попадает в тело эпифитных лишайников, растущих на стволах деревьев. Эти растения используются для наблюдения за распространением в атмосфере более 30 химических элементов. Сильное загрязнение атмосферы приводит к тому, что лопасти лишайников окрашиваются в беловатый, коричневый или фиолетовый цвет, их талломы сморщиваются, и растения погибают.

В связи с тем, что экологическая ситуация на Земле ухудшается, многие лишайники начали исчезать, а в дальнейшем их стали заносить в Красные книги различных государств. Во втором издании Красной книги Беларуси, которое было выпущено в 1993 году, было 17 видов лишайников. Новое издание Красной книги Беларуси вышло в 2006 году. Представители флоры Беларуси представлены 274 видами: было исключено 4 и добавлено 11 видов лишайников, лишайников стало – 24 вида.

Исследования проводились в 2011 году в Беловежской пуще и в 4-х районах города Бреста: по улице Карбышева, по улице Сикорского, по улице Советской Конституции, городском парке имени «1 Мая».

Задача исследования состояла в том, чтобы определить относительную чистоту атмосферы (ОЧА) по состоянию лишайников, а также степень покрытия лишайниками деревьев, произрастающих в этих районах по пятибалльной шкале.

Для оценки загрязнения атмосферы конкретной магистрали, улицы или парка описывали лишайники, которые растут на деревьях по обеим сторонам улицы или аллеи парка на каждом третьем, пятом дереве. Пробная площадка ограничивалась на стволе рамкой размером 10 x 10 см, которая разделена внутри на квадраты по 1 см².

Отмечали, какие виды лишайников встретились на площадке, какой процент общей площади рамки занимает каждый растущий там вид. Для обработки данных использовали таблицу 1:

Таблица 1 – Оценка степени покрытия деревьев лишайниками

Степень покрытия (в %)		Балл оценки
Очень низкая	менее 5%	1
Низкая	5-20%	2
Средняя	20-40%	3
Высокая	40-60%	4
Очень высокая	60-100%	5

Таким образом, для каждой площадки описания и для каждого типа роста лишайников – кустистых, листоватых и накипных – выставляются баллы покрытия.

В ходе работы, исследуя по 50 деревьев в каждом районе в различные периоды года (летом, зимой), делается расчет покрытия для каждого типа роста лишайников – накипных, листоватых и кустистых. Далее рассчитали показатель относительной чистоты атмосферы (ОЧА):

$$ОЧА = \frac{\frac{H}{D} + 2 \cdot \frac{Л}{D} + 3 \cdot \frac{К}{D}}{30}$$

где H – количество накипных лишайников (сумма баллов оценки); Л – количество листоватых лишайников (сумма баллов оценки); К – количество кустистых лишайников (сумма баллов оценки); Д – количество обследуемых деревьев.

Чем выше показатель ОЧА, т.е. ближе к единице, тем чище воздух местообитания.

По улице Карбышева летом степень покрытия лишайниками составляет:

накипных – 112 баллов, а листоватых – 82 балла.

$$\text{Показатель летнего значения ОЧА: } ОЧА_{1,л} = \frac{\frac{112}{50} + 2 \cdot \frac{82}{50}}{30} = 0,184$$

По улице Карбышева зимой степень покрытия лишайниками составляет:

накипных – 102 балла, а листоватых – 69 баллов.

$$\text{Показатель зимнего значения ОЧА: } ОЧА_{1,з} = \frac{\frac{102}{50} + 2 \cdot \frac{69}{50}}{30} = 0,16$$

По улице Карбышева показатель среднего значения $ОЧА_{ср1} = 0,172$.

По улице Сикорского летом степень покрытия лишайниками составляет:

накипных – 119 баллов, а листоватых – 86 баллов.

$$\text{Показатель летнего значения ОЧА: } ОЧА_{2,л} = \frac{\frac{119}{50} + 2 \cdot \frac{86}{50}}{30} = 0,194$$

По улице Сикорского зимой степень покрытия лишайниками составляет:

накипных – 100 баллов, а листоватых – 72 балла.

$$\text{Показатель зимнего значения ОЧА: } ОЧА_{2,з} = \frac{\frac{100}{50} + 2 \cdot \frac{72}{50}}{30} = 0,163$$

По улице Сикорского показатель среднего значения $ОЧА_{ср2} = 0,179$.

По улице Советской Конституции летом степень покрытия лишайниками составляет:

накипных – 108 баллов, а листоватых – 78 баллов.

$$\text{Показатель летнего значения ОЧА: } ОЧА_{3,л} = \frac{\frac{108}{50} + 2 \cdot \frac{78}{50}}{30} = 0,176$$

По улице Советской Конституции зимой степень покрытия лишайниками составляет:

накипных – 99 баллов, а листоватых – 64 балла.

$$\text{Показатель зимнего значения ОЧА: } ОЧА_{3,з} = \frac{\frac{99}{50} + 2 \cdot \frac{64}{50}}{30} = 0,151$$

По улице Советской Конституции показатель среднего значения $ОЧА_{ср3} = 0,164$.

По городскому парку культуры и отдыха имени «1 Мая» летом степень покрытия лишайниками составляет: накипных – 151 балл, а листоватых – 99 баллов.

$$\text{Показатель летнего значения ОЧА: } ОЧА_{л} = \frac{151 + 2 \cdot 99}{30} = 0,233$$

По городскому парку культуры и отдыха имени «1 Мая» зимой степень покрытия лишайниками составляет: накипных – 144 балла, а листоватых – 91 балл.

$$\text{Показатель зимнего значения ОЧА: } ОЧА_{з} = \frac{144 + 2 \cdot 91}{30} = 0,217$$

По городскому парку культуры и отдыха имени «1 Мая» показатель среднего значения $ОЧА_{ср4} = 0,225$.

По национальному парку «Беловежская пуща» средняя степень покрытия лишайниками составляет:

накипных – 138 баллов, листоватых – 183 балла, а кустистых – 160 баллов.

По национальному парку «Беловежская пуща» средний показатель значения ОЧА:

$$ОЧА_{ср5} = \frac{138 + 2 \cdot 183 + 3 \cdot 160}{30} = 0,656$$

По результатам лихеноиндикационных исследований степень относительной частоты атмосферы (ОЧА) по состоянию лишайников можно оценить на «удовлетворительно» в 4-х районах города:

- 1) по улице Советской Конституции $ОЧА_{ср3} = 0,164$.
- 2) по улице Карбышева $ОЧА_{ср1} = 0,172$.
- 3) по улице Сикорского $ОЧА_{ср2} = 0,179$.
- 4) в парке «1 Мая» $ОЧА_{ср4} = 0,225$.

А также на «достаточно чистый воздух» по степени ОЧА в районе Беловежской пущи $ОЧА = 0,656$.

При повышении загрязнённости воздуха исчезают первыми – кустистые лишайники; за ними – листоватые; последними – накипные. Определяя степень покрытия лишайников по пятибалльной шкале, накипные и листоватые лишайники были обнаружены во всех исследуемых районах. Кустистые лишайники были обнаружены только на территории Беловежской пущи. Т.к. кустистые лишайники произрастают в наиболее чистой среде, следовательно, Беловежская пуща является наиболее благоприятной для произрастания накипных, листоватых, кустистых лишайников, т.е. воздух чище, чем в 4-х районах г. Бреста.

При «пассивном мониторинге» учитывается частота встречаемости лишайников в исследуемой местности, по которой делаем вывод о качестве воздуха в данном месте (табл. 2).

Имеется прямая связь между ОЧА и средней концентрацией диоксида серы в атмосфере. Концентрация диоксида серы $0,5 \text{ мг/м}^3$ губительна для всех видов лишайников. По данным наших исследований, в 4-х районах города Бреста концентрация диоксида серы составляет от $0,3 \text{ мг/м}^3$ до $0,05 \text{ мг/м}^3$. В Беловежской пуще концентрация диоксида серы составляет самое низкое значение, менее $0,05 \text{ мг/м}^3$, это объясняет произрастание там кустистых лишайников и говорит о более чистой атмосфере.

Таблица 2 – Встречаемость лишайников в исследуемых районах в зависимости от среднего количества диоксида серы в воздухе.

Зоны лишайников	Исследуемый район	Концентрация диоксида серы
„Лишайниковая пустыня“ (лишайники практически отсутствуют)	нет	Свыше 0,3 мг/м ³
„Зона угнетения“ (флора бедна – фисции, леканоры, сантории)	г. Брест: ул. Советской Конституции; ул. Карбышева; ул. Сикорского; парк «1 Мая»	0,3-0,05мг/м ³
„Зона нормальной жизнедеятельности“ (максимальное видовое разнообразие; встречаются в том числе и кустистые виды – уснеи, анаптии, алектории)	Беловежская пуца	Менее 0,05 мг/м ³

В результате исследований можно сделать основные выводы: лишеноиндикация – один из доступных методов экологического мониторинга. Исследуемые улицы города Бреста входят в зону лишайников, которая является «Зоной угнетения», а Беловежская пуца – «Зона нормальной жизнедеятельности». Результаты проведённых исследований показали, что исследуемые районы расположились по ухудшению качества воздуха (от самого «чистого» исследуемого района – до самого «загрязнённого») в определённом порядке: национальный парк «Беловежская пуца»; г.Брест: городской парк культуры и отдыха имени «1 Мая», улица Сикорского; улица Карбышева; улица Советской Конституции. С целью повышения ОЧА необходимо увеличить степень озеленения в районах города. Необходимо использование серных (различных) фильтров на промышленном оборудовании и каталитических нейтрализаторов в автомобилях с целью уменьшения загрязнения воздуха. Целесообразен переход на использование электродвигателей.

УДК 581.19+577

Лещеня В.А.

Научный руководитель: асс. Кобринец Л.А.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ БОБОВЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Загрязнение окружающей среды и, как следствие, воздействие тяжелых металлов на растения становится все более острой проблемой во всем мире.

Тяжелые металлы (Cu, Ni, Co, Pb, Sn, Zn, Cd, Bi, Sb, Hg) относятся к микроэлементам. То есть химическим элементам, присутствующим в организмах в низких концентрациях (обычно тысячные доли процента и ниже).

Присутствие тяжелых металлов в среде в опасных количествах отражается на течении целого ряда процессов в растениях. При увеличении содержания металлов в почве снижается общая биологическая активность растений, и это резко отражается на их росте и развитии, причем разные растения реагируют на избыток металлов по-разному. Металлы распределяются по органам растений неравномерно. Однако в одной и той же части растения концентрация химических элементов существенно изменялась в зависимости от фазы его развития и возраста. В наибольшей степени металлы накапливались в листьях. Это обусловлено многими причинами, одна из которых – локальное накопле-

ние металлов в результате перехода их в малоподвижную форму. Например, в случае медной интоксикации окраска некоторых листьев у исследуемых растений изменялась до красной и буро-коричневой, что свидетельствовало о разрушении хлорофилла [1, 2, 3].

Медь необходима для жизнедеятельности растительных организмов. Почти вся медь листьев сосредоточена в хлоропластах и тесно связана с процессами фотосинтеза; она участвует в синтезе таких сложных органических соединений, как антоциан, железопорфирины и хлорофилл; медь стабилизирует хлорофилл, предохраняет его от разрушения.

Установлено положительное влияние меди на синтез белков в растениях и благодаря этому – на водоудерживающую способность растительных тканей. Напротив, при недостатке меди гидрофильность коллоидов тканей уменьшается.

Очевидно, вследствие этого медь в виде удобрений имеет значение для придания растениям засухо- и морозоустойчивости, а также, возможно, устойчивости к бактериальным заболеваниям.

Свинец в виде нерастворимых соединений (сульфидов, сульфатов, хроматов) плохо всасывается из желудочно-кишечного тракта. Растворимые соли (нитраты, ацетаты) всасываются в несколько больших количествах (до 10%).

В растениях он не выполняет никаких биологически важных функций и является абсолютным токсикантом. Элемент обладает слабой подвижностью в растении, поскольку прочно сорбируется клеточными стенками. Избыток свинца в растениях, связанный с высокой его концентрацией в почве, ингибирует дыхание и подавляет процесс фотосинтеза, иногда приводит к увеличению содержания кадмия и снижению поступления цинка, кальция, фосфора, серы [3]. Вследствие этого снижается урожайность растений и резко ухудшается качество производимой продукции.

В качестве биофизических и физиологических критериев оценки устойчивости растений к стрессу используются такие, как мембранная проницаемость, энергетический статус и ростовая активность [4]. Нами изучалось действие солей свинца и меди высоких концентраций на рост бобовых растений на ранних этапах развития.

Целью исследования являлось исследование роста и развития растений как защитной реакции, обеспечивающей устойчивость растений гороха и фасоли к высоким концентрациям свинца и меди.

В данной работе мы использовали в качестве экспериментального растения проростки гороха овощного и фасоли высокорослой, подвергнутые токсическому действию солей свинца.

Для получения проростков и обеззараживания семена растений поместили в слабый раствор перманганата калия на два часа. Затем семена поместили на влажную фильтровальную бумагу (по 25 семян) и проращивали в емкостях, в которые добавляли $Pb(NO_3)_2$ или $CuSO_4$ в концентрациях 10^{-5} , 10^{-4} , 10^{-3} , $10^{-2}M$ соответственно. В качестве контроля использовалась среда, не содержащая ионов свинца. Закладка опытных образцов проводилась с 3-кратной повторяемостью. На 7-е, 10-е, 14-е и 21-е сутки проводили измерение длины главных корней (стержневая корневая система) и побегов гороха и фасоли.

Проведенные исследования показали, что при действии ионов свинца в концентрациях $10^{-3}M$ и $10^{-2}M$ наблюдалось постепенное ингибирование роста корней у растений гороха, причем при концентрации свинца $10^{-2}M$ происходило торможение роста и корней и побегов, сопровождающиеся частичным отмиранием корней и утолщенным стеблем побегов, всхожесть семян при данной концентрации свинца составляла 72%.

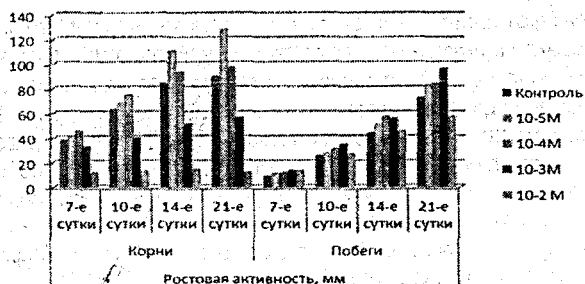


Рисунок 1 – Влияние ионов свинца на длину корней и побегов проростков гороха овощного, мм.

У фасоли высокорослой наблюдалось торможение роста корней и побегов при действии на них ионов свинца концентрацией $10^{-2}M$ на протяжении 21-го дня исследований. Установлено, что содержание свинца 10^{-5} , 10^{-4} , $10^{-3}M$ в растворах произрастания усиливают рост наземной части (до 37%), при этом рост корневой системы немного замедляется (от 6% до 12%) в первые недели роста растения.

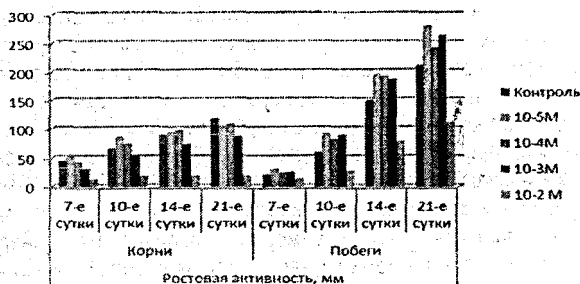


Рисунок 2 – Влияние ионов свинца на длину корней и побегов проростков фасоли высокорослой, мм.

Установлено, что незначительные концентрации ионов меди в растворах произрастания усиливают рост корней и побегов гороха овощного, причем медь в концентрации $10^{-5}M$ оказывает каталитическое действие на проростки. Высокие концентрации ионов меди в растворе ингибируют рост проростков гороха, особенно корней. Это связано прежде всего с тем, что корни являются первой преградой в поступлении тяжелых металлов к стеблям и листьям. Это, в конечном итоге, приводит к гибели растений (процент выживаемости около 66%).

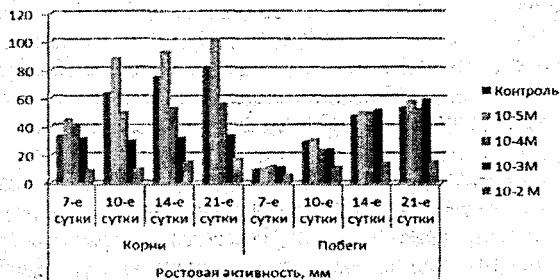


Рисунок 3 – Влияние ионов меди на длину корней и побегов проростков гороха овощного, мм.

Соединения меди ингибируют рост проростков фасоли. Однако можно говорить о том, что концентрации меди 10^{-5} и 10^{-4} М оказывают меньшее тормозящее действие на рост.

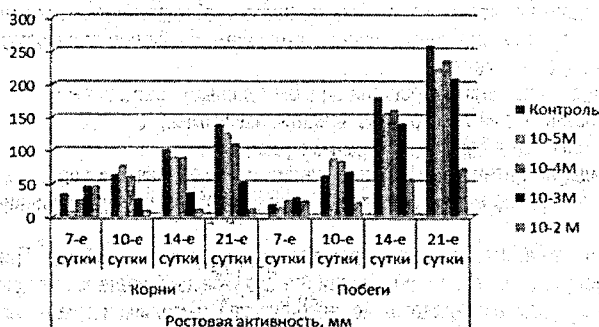


Рисунок 4 – Влияние ионов меди на длину корней и побегов проростков фасоли высокорослой, мм.

После проведения данных исследований, были сделаны выводы; в том что:

- малые концентрации Pb^{2+} оказывают стимулирующее влияние на рост бобовых, так как проявляют антибактерицидный эффект и препятствуют загниванию;
- незначительные концентрации Cu^{2+} усиливают рост корней и тормозят рост побегов бобовых растений.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воскресенская, О.Л. Большой практикум по биозкологии: учебное пособие / О.Л. Воскресенская, Е.А. Алябьева, М.Г. Полозникова; Мар. гос. ун-т. – Йошкар-Ола, 2006. – Ч. 1. – 107 с.
2. Титов, А.Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам / А.Ф. Титов, В.В. Таланова, Н.М. Казни-на, Г.Ф. Лайдинен; отв. ред. Н.Н. Немова; Институт биологии КарНЦ РАН. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – 172 с.
3. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растения. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
4. Растение и стресс. Курс лекций / УрГУ. – Екатеринбург, 2008. – 267 с.

УДК 628.316

Ромусик А.А.

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

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ УДАЛЕНИЯ ИЗ ВОДЫ ПЕСТИЦИДА ЛЯМБДА-ЦИГАЛОТРИНА

Введение

Целью настоящей работы является исследование процесса окисления препарата лямбда-цигалотрина, выпускаемого под торговой маркой «КАРАТЕ», воздействием УФ-излучения, обработкой пероксидом с последующим облучением ультрафиолетовым светом.

В процессе работы выполнены исследования по удалению пестицидов из воды. Полученные результаты могут быть использованы для реализации методов снижения концентрации лямбда-цигалотрина из питьевой и сточной воды. Примененные методы являются недорогими и могут быть широко распространены в практике водоподготовки.

Объектом исследования являются питьевые воды, зараженные пестицидом лямбда-цигалотрином в различных концентрациях.

В настоящее время в природные водоисточники поступают различные устойчивые и токсичные загрязнители, например, пестициды, которые необходимо удалять при подго-

товке питьевой воды. В лабораторных условиях исследовалась возможность деструкции таких веществ.

Пестицидами называют химические вещества, обладающие токсичными свойствами по отношению к тем или иным живым организмам. Наиболее распространенными группами пестицидов являются:

- гербициды, применяющиеся для борьбы с сорными растениями;
- инсектициды – для уничтожения вредных насекомых;
- фунгициды – для борьбы с болезнями растений.

Пестициды по интенсивности загрязнения ими окружающей среды ряд исследователей ставят на первое место. Масштабы их производства и использования быстро увеличиваются.

Мощным потребителем пестицидов является сельское хозяйство. Принося большую пользу, пестициды в связи с циркуляцией в окружающей среде могут проникать в атмосферу, почву, воду, а следовательно, находиться в растениях и живых организмах.

Природа их токсичности разнообразна. Установлено влияние пестицидов на иммунную систему и репродуктивную функцию; влияние на отдельные системы организма, также пестициды могут вызвать мутации и т.д.

Систематическое поступление в организм человека кумулирующихся пестицидов может привести к развитию хронических интоксикаций, способствовать возникновению и протеканию различных патологических состояний. Нежелательное влияние на организм усиливает поступление смеси пестицидов.

В качестве пестицидов в народном хозяйстве используются разнообразные классы органических веществ. Наиболее известными из них являются следующие: фосфорорганические соединения, производные карбаминных кислот, нитропроизводные фенола, хлорорганические соединения, азотсодержащие гетероциклические соединения.

Свойства пестицидов значительно различаются между собой, поэтому и различна их потенциальная способность к загрязнению окружающей среды. К таким свойствам относятся испарение, растворение в воде и других растворителях, а также сопротивляемость разрушению.

За десятилетия использования пестициды очень плотно вошли в мировую экономику и сельскохозяйственную практику. Наиболее опасными источниками загрязнений пестицидами водоемов являются сточные воды предприятий Агропрома, к которым относятся: базы и склады хранения химических средств защиты растений, заводы для протравливания семян сельскохозяйственных культур, тепличные комбинаты и др.

Учитывая напряженность водного баланса и возрастающие масштабы применения пестицидов, одной из важнейших задач, стоящих перед исследователями, является разработка методов обезвреживания пестицидов в сточных водах производящих их предприятий, в сточных водах, образующихся на складах хранения этих препаратов, а также в воде, поступающей на очистные сооружения водозаборов, забирающих воду из поверхностных источников, содержащих пестициды в результате не поддающихся контролю смыва их с полей, лесных угодий и т.д.

Эксплуатирующиеся в данное время системы подготовки воды для хозяйственно-питьевых целей по существу лишены методов, препятствующих проникновению пестицидов в очищенную воду.

Оптимальным решением технологии обезвреживания пестицидов в природных и сточных водах является создание гибкой схемы, учитывающей их химическую природу и обеспечивающей надежную и дешевую очистку воды как от отдельных препаратов, так и от их смесей.

Литературный обзор

В зарубежной и отечественной литературе опубликовано большое число работ о роли пестицидов в формировании биоценозов и их влияние на живые организмы, однозначно свидетельствующие о их опасности и необходимости разработки мероприятий, предотвращающих попадание пестицидов в объекты окружающей среды.

Украинские исследователи Гончарук Владислав Владимирович, Вакуленко Вера Федоровна и др. разрабатывали способы и устройства для подготовки и очистки воды. В работе предлагаются методы обработки воды, содержащей органические соединения, а также химические вещества, применяемые в сельском хозяйстве, например, атразин, фосфорорганические пестициды и др. В соответствии со способом, обработка производится путем озонирования с последующим облучением УФ-радиацией, при этом происходит деструкция названных загрязнителей и инактивация микрофлоры [1].

В 2003 году польскими учеными (Kasprzyk-Hordern Barbara, Gromadzka Karolina, Andrzejewski Przemyslaw, Nawrocki Jacek) была написана работа «Увеличение эффективности озонирования при подготовке воды». В ней отмечается, что озонирование является распространенным методом при подготовке питьевой воды, при этом происходят инактивация микрофлоры и деструкция устойчивых загрязнителей [2]. Изучением пестицидов и методов их удаления из воды занимались и английские ученые:

Kene M., Kurnik J. – Обработка воды, содержащей ацетохлор, озонированием [3].

Li Hai-Yan, Qu Jiu-Hui, Zhao Xiang, Liu Hui-Juan – Удаление алахлора в каталитических процессах [4].

Gunes Y., Talinli I., Ongen A. – Оценка токсичности сточных вод при их очистке с применением озонирования. Рассматривается проблема загрязненности СВ-пестицидами, в том числе при их производстве, указывается, что характеристики инсектицидов, гербицидов, фунгицидов и др. включают такие показатели, как биоразлагаемость, токсичность, канцерогенная активность и устойчивость. В лабораторных исследованиях изучалось влияние различных методов очистки СВ, содержащих пестициды, на их токсичность и биоразлагаемость, среди этих методов преимущественно применялась комбинация озонирования и коагуляции. [5]

Maldonado M.I., Malato S., Perez-Estrada L.A., Gernjak W., Oller I., Domenech Xavier, Peral Jose – Деструкция пестицидов и других загрязнителей в процессе озонирования. Разрабатывался метод очистки СВ, в состав которых входили пестициды алахлор, атразин, хлорфенвинфос, диурон и изопротурон, а также несколько продуктов, применявшихся в фармпроизводстве (все компоненты в виде смеси). Выбор пестицидов определялся тем, что они входили в список наиболее токсичных и устойчивых препаратов, применяющихся в агросекторе стран Евросоюза [6].

Немецкие исследователи: Weber Walter H., Seitz Wolfram, Schulz Wolfgang, Wagener Hans-Albert – Определение десфенил-хлоридазона и метил-десфенил-хлоридазона в поверхностных, грунтовых водах и в питьевой воде [7].

Hou Yan-jun, Ma Jun, Sun Zhi-zhong, Yu Ying-hui, Zhao Lei – Обработка водных растворов озонированием [8].

Экспериментальные исследования

Пестицид лямбда-цигалотрин. Общие сведения.

Для исследования в данной работе был выбран пестицид лямбда-цигалотрин. Лямбда-цигалотрин широко распространен под торговой маркой «Карате».

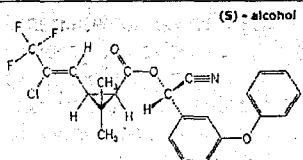
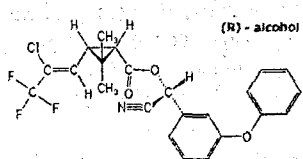
"Карате" является инсектицидом, действующее вещество которого – лямбда-цигалотрин, концентрацией 50 г/л. Выпускается в виде водной суспензии в микрокапсулах. В капсуле имеется специальное вещество, продлевающее время действия препарата, предохраняет его от ультрафиолетовых лучей. Использование технологий позволило увеличить время защитного действия препарата. Проникновение лямбда-цигалотрина в насекомых осуществляется через кутикулу. В результате этого нервная система насекомого парализуется.

"Карате" позволяет защитить широкий спектр растений от насекомых-вредителей. Эффективно уничтожает листогрызущих насекомых. Высокая эффективность препарата сохраняется даже при минимальной норме расхода. Инсектицид "Карате" слаботоксичен для птиц. Токсичен для рыб и пчел. Необходимо избегать загрязнения водоемов и источников питьевой воды остатками препарата и водой, использованной для промывки тары и оборудования. Избегать попадания препарата в корма. Не допускать выхода скота на свежеработанную территорию. Устойчив к смыву атмосферными осадками, фотостабилен.

Явным преимуществом "Карате" является широкий спектр уничтожения различных насекомых-вредителей. К тому же, данный препарат доступен по цене. Учитывая это и высокую эффективность препарата, а также длительный период защиты после обработки, он весьма востребован. Препарат экономичен, практичен и прост в использовании. "Карате" совместим с пестицидами. Защитное действие после обработки сохраняется на протяжении 14-20 дней.

Год официальной регистрации: 1985, Central America и Far East

Таблица 1 – Лямбда-цигалотрин: основная информация о пестициде

Тип пестицида	Инсектицид
Группа по химическому строению	Пиретроид
Химическая формула	C ₂₃ H ₁₉ ClF ₃ NO ₃
Международный химический идентификатор (InChI)	InChI=1/C23H19ClF3NO3/c1-22(2)17(12-19(24)23(25,26)27)20(22)21(29)31-18(13-28)14-7-6-10-16(11-14)30-15-8-4-3-5-9-15/h3-12,17-18,20H,1-2H3/b19-12-t/17-,18?,20-/m0/s1
Структурная формула	<p>(S) - alcohol (Z) -1R-cis-acid</p>  <p>(R) - alcohol (Z) -1S-cis-acid</p> 
Молекулярная масса (г/моль)	449.85
Название по ИЮПАК	(R)-a-cyano-3-phenoxybenzyl (1S)-cis-3-[(Z)-2-chloro-3,3,3-trifluoropropenyl]-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate и (S)-a-cyano-3-phenoxybenzyl (1R)-cis-3-[(Z)-2-chloro-3,3,3-trifluoropropenyl]-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate

Название по CAS	(R)-cyano(3-phenoxyphenyl)methyl (1S,3S)-rel-3-[(1Z)-2-chloro-3,3,3-trifluoro-1-propenyl]-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate
Физическое состояние	Бесцветное вещество

Выпуск лямбда-цигалотрина: производители пестицида – AgriGuard, Clayton, Syngenta, Bayer.

Коммерческие названия препаратов, содержащих д.в. – Карате, КаратеЗеон, Гладиятор, Алтын, Лямбда-С, Молния, Кунгфу, Брейк, Бретер, Карачар, Самум, Оперкот.

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.

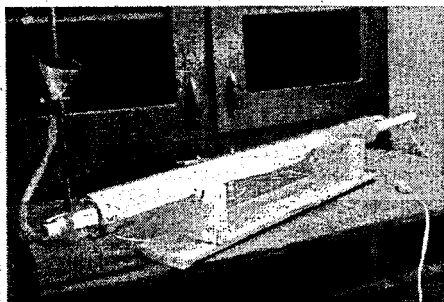


Рисунок 1 – Установка для облучения исследуемой воды УФ-светом

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

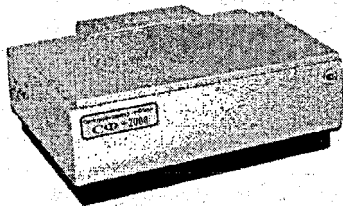


Рисунок 2 – Спектрофотометр СФ-2000

Результаты

Построение калибровочного графика. Изучения влияния продолжительности экспозиции на разложение лямбда-цигалотрина УФ-излучением.

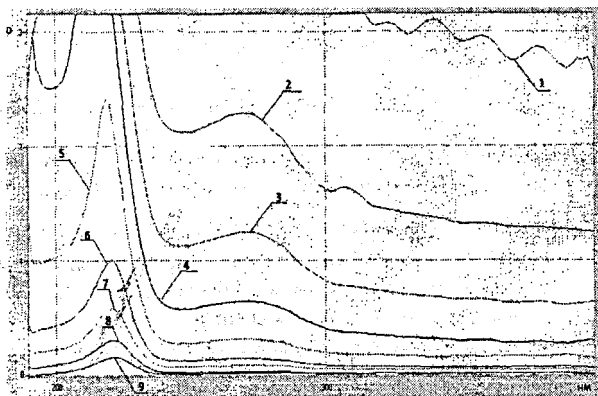
Для построения калибровочного графика и дальнейшего выбора концентрации лямбда-цигалотрина для работы были приготовлены несколько растворов и сняты их спектры.

На рисунке 3 представлены спектры растворов с концентрацией лямбда-цигалотрина.

Исходный раствор имел концентрацию 100 мг/л. Остальные концентрации были получены разбавлением в соотношении 1:1 с дистиллированной водой:

100 мг/л, 50 мг/л, 25 мг/л, 12,5 мг/л, 6,25 мг/л, 3,13 мг/л, 1,56 мг/л, 0,78 мг/л, 0,39 мг/л, 0,20 мг/л.

По графикам за исходный раствор принят раствор с концентрацией 3,13 мг/л.

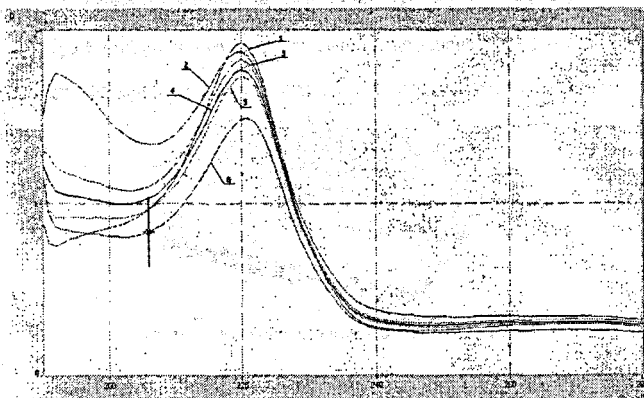


1 – 50 мг/л; 2 – 25 мг/л; 3 – 12,5 мг/л; 4 – 6,25 мг/л; 5 – 3,13 мг/л;
6 – 1,56 мг/л; 7 – 0,78 мг/л; 8 – 0,39 мг/л; 9 – 0,20 мг/л

Рисунок 3 – Калибровочный график

Влияние продолжительности экспозиции на разложение лямбда-цигалотрина УФ-излучением.

Готовился раствор заданной концентрации и обрабатывался УФ-светом по 250 мл при различной продолжительности по времени: 5 мин, 10 мин, 15 мин, 20 мин, 60 минут. На графиках (рисунок 4) видна зависимость разрушения от времени.



1 – исходный раствор с концентрацией 3,13 мг/л без обработки УФ-светом;
2 – обработка в течение 5 минут; 3 – 10 минут; 4 – 15 минут; 5 – 20 минут; 6 – 60 минут

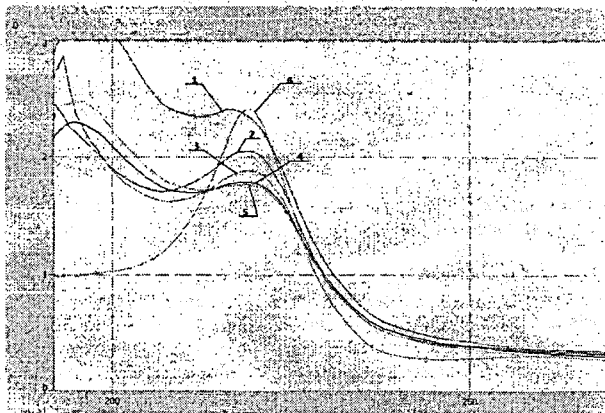
Рисунок 4 – Спектры после обработки воды УФ-излучением

После 5 минут остаточная концентрация лямбда-цигалотрина уменьшилась на 7,4%, после 10 минут – на 11%, 15 – 14,8%, 20 – 18,5, 60 – 25,6%. Что свидетельствует об эффективности применения УФ-излучения для удаления лямбда-цигалотрина.

Влияние дозы пероксида на разложение лямбда-цигалотрина.

Объем воды – 250 мл, концентрация лямбда-цигалотрина – 3,13 мг/л, время обработки каждой пробы УФ-светом – 20 минут.

Были приготовлены и обработаны растворы следующей концентрации пероксида: 5 мг/л, 10 мг/л, 15 мг/л, 20 мг/л и 25 мг/л.



1 – 5 мг/л; 2 – 10 мг/л; 3 – 15 мг/л; 4 – 20 мг/л; 5 – 25 мг/л; 6 – исходный раствор без добавления пероксида
Рисунок 5 – Спектры после обработки воды пероксидом различной концентрации совместно с обработкой УФ-излучением в течение 20 минут

Дозы пероксида 5 мг/л и 10 мг/л не дали существенного повышения эффекта удаления лямбда-цигалотрина. При введении пероксида в количестве 15, 20, 25 мг/л эффективность соответственно составила: 29,2%, 31,9%, 34,8%. Добавление пероксида значительно повышает эффективность удаления данного пестицида.

Заключение

Исследован процесс окисления препарата лямбда-цигалотрина, выпускаемого под торговой маркой «Карате», воздействием УФ-излучения, обработкой пероксидом с последующим облучением УФ-светом.

Установлено, что при обработке мощностью 67 мВт/см² наиболее сильно влияет продолжительность обработки. Так, при продолжительности обработки в течение 15 минут эффективность составила 14,8%, а при увеличении продолжительности до 60 минут, эффективность составила 35%.

Наиболее эффективно процесс разложения лямбда-цигалотрина протекает при совместном воздействии пероксида и УФ-излучения. При продолжительности обработки УФ-светом в течение 20 минут и дозе пероксида 25 мг/л достигнута наибольшая эффективность – 35%.

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

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Способ и устройство для подготовки воды. Спосіб очистки води:** пат. 58327 Украина, МПК 7 C 02 F 1/32, C 02 F 1/78 / В.В. Гончарук, В.Ф. Вакуленко, А.М. Сова, О.О. Самсоні-Тодоров; заяв. Ін-т колоїд. хімії та хімії води НАНУ. N 2002119410, 26.11.2002; опубл. 15.07.2003. Укр.

2. Kasprzyk-Hordern Barbara, Gromadzka Karolina, Andrzejewski Przemyslaw, Nawrocki Jacek. [Увеличение эффективности озонирования при подготовке воды]. *Zastosowanie faz niepolarnych do zwiększenia efektywności procesu ozonowania w technologii uzdatniania wody // Ochr. srod.* – 2003. – N 3. – С. 65-69; библи. 14, пол.; реза. англ. PL. ISSN 1230-6169.

3. Kene M., Kurnik J. [Обработка воды, содержащей ацетохлор, озонированием]. *Ozonization of acetochlor: Kinetics, by-products and toxicity of treated aqueous solutions*. Chem. and Biochem. – Eng. Quart. – 2004. – 18, N 3. – С. 241-247, 319; библи. 15, англ.; реэ. хорват. HR. ISSN 0352-9568.
4. Li Hai-Yan, Gu Jiu-Hui, Zhao Xiang, Liu Hui-Juan. [Удаление алахлора в каталитических процессах]. *Removal of alachlor from water by catalyzed ozonation in the presence of Fe²⁺, Mn²⁺, and humic substances*. J. Environ. Sci. and Health. B. 2004. 39, N 5-6, с. 791-803. Библи. 20. Англ. US. ISSN 0360-1234.
5. Gunes Y., Talinli I., Ongen A. [Оценка токсичности сточных вод при их очистке с применением озонирования]. *Inhibition evaluation of a liquid hazardous waste detoxified by ozone oxidation*. Environmental Applications of Advanced Oxidation Processes (EAAOP-1): The 1 European Conference, Chania, Sept. 7-9, 2006: Book of Abstracts. – Chania: Techn. Univ. Crete. 2006. – С. 112, англ.
6. Maldonado M. I., Malato S., Perez-Estrada L. A., Gemjak W., Oller I., Domenech Xavier, Peral Jose. [Деструкция пестицидов и других загрязнителей в процессе озонирования]. *Partial degradation of five pesticides and an industrial pollutant by ozonation in a pilot-plant scale reactor*. J. Hazardous Mater. – 2006. – 138, N 2. – С. 363-369, англ.
7. Weber Walter H., Seitz Wolfram, Schulz Wolfgang, Wagener Hans-Albert. [Определение десфенилхлоридазона и метил-десфенил-хлоридазона в поверхностных, грунтовых водах и в питьевой воде]. *Nachweis der Metaboliten Desphenyl-chloridazon und Methyl-desphenyl-chloridazon in Oberflachen, Grund- und Trinkwasser // Vom Wasser*. – 2007. – 105, N 1. – С. 7-14, библи. 25, нем.; реэ. англ.
8. Hou Yan-jun, Ma Jun, Sun Zhi-zhong, Yu Ying-hui, Zhao Lei. [Обработка водных растворов озонированием]. *Degradation of benzophenone in aqueous solution by Mn-Fe-K modified ceramic honeycomb-catalyzed ozonation*. J. Environ. Sci. – 2006. – 18, N 6. – С. 1065-1072, библи. 23, англ.

УДК 551.579.001.24

Сидорчик К.П., Федосик М.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Мешик О.П.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСФОРМАЦИИ ВЛАГОЗАПАСОВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ БЕЛУССКОГО ПОЛЕСЬЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Объектом исследований в настоящей работе являлись влагозапасы дерново-подзолистых супесчаных почв Белорусского Полесья. Основным методом исследований был принят воднобалансовый. В связи с этим каждая из характеристик водного баланса (атмосферные осадки, суммарное испарение, почвенные влагозапасы и др.) дифференцированно оценивалась. Уравнение водного баланса решалось с помощью последовательных приближений, в ходе которых подбирались первоначальная влажность почвы, совпадающая с влажностью на конец расчетного цикла. Таким образом, был реализован метод гидролого-климатических расчетов профессора В.С. Мезенцева [1].

Воднобалансовые характеристики исследованы по семи репрезентативным пунктам Белорусского Полесья: Брест, Пинск, ст. Полесская, Гомель, Василевичи, Житковичи, Лельчицы. Исходные данные приняты за 60-летний период наблюдений с 1945 по 2004 гг. Ряды разбиты на 2 части: с 1945 по 1974 гг. и с 1975 по 2004 гг. Это сделано в предположении, что до 1974 года на территории Белорусского Полесья активно осуществлялось мелиоративное строительство, а в период с 1975 по 2004 гг. – эксплуатация построенных гидромелиоративных систем. В связи с этим период с 1975 по 2004 гг. может реально отражать влияние антропогенного вмешательства человека посредством крупномасштабных мелиораций на региональный климат Беларуси [2].

Результаты исследований по средним многолетним суммам атмосферных осадков и их разностям на исследуемой территории позволяют говорить о том, что годовые суммы осадков повсеместно увеличились, за исключением пункта Лельчицы (незначительно от

1,5% в районе Бреста до 14,2% в районе Житковичей). Для теплого периода увеличение атмосферных осадков еще более значимо – 2,2 и 16,3%, соответственно. Это отражает значимость в формировании режима атмосферных осадков антропогенного фактора – крупномасштабных мелиораций. В основном имеет место увеличение атмосферных осадков с начала вегетационного периода, когда на мелиорируемых землях возрастает суммарное испарение и адекватно его росту увеличиваются атмосферные осадки. Полученные результаты хорошо согласуются с выводами В.Ф. Шебеко [3] о влиянии мелиоративных мероприятий на климатические характеристики, в частности, водный режим территорий. В июле осадки увеличились везде, от незначительных величин в Бресте, на 5,3%, до 44,5% – в районе Житковичей. В августе, после уборки урожая, с уменьшением суммарного испарения, осадки снизились – совсем незначительно в Бресте на 2,8% и на 37,7% в районе станции Полесской. В окрестностях Бреста фактор мелиорированности земельных угодий не имеет большой значимости. В то же время, площадь мелиорированных земель Брестского района составляет 15,8% от всей площади, что значительно ниже среднего показателя по области (22,7%). Можно говорить о том, что общепланетарные процессы, связанные с потеплением климата, оказывают существенное влияние на режимы формирования атмосферных осадков в пределах Белорусского Полесья. Происходящие изменения носят сложный характер и имеют статистическую значимость, что необходимо учитывать в практических расчетах, например, при планировании мероприятий по реконструкции мелиоративных систем и других водохозяйственных объектов. Установлены общие закономерности трансформации режима выпадения атмосферных осадков в обособленных регионах, что позволяет отметить значимость в них антропогенного фактора – крупномасштабных мелиораций, повлиявших, в совокупности с общепланетарными факторами, на изменение регионального климата.

Суммарное испарение возросло за последнее тридцатилетие во все месяцы теплого периода. Наибольший прирост составил в первой половине лета (июнь, июль), за исключением Бреста (здесь испарение за июль уменьшилось на 0,3%), около 20% в районе Житковичей, что хорошо увязывается с режимом атмосферных осадков, формирующихся и увеличивающихся за счет местного испарения, а также с температурами воздуха. Температуры воздуха на исследуемой территории в первую половину лета несколько снизились в результате увеличившихся затрат тепла на процесс суммарного испарения. Исследуя продуктивные почвенные влагозапасы, можно заметить, что они повсеместно увеличились, за исключением пункта ст. Полесская (произошло их уменьшение на 0,5%), от 1,7% в районе Бреста до 13,8% в районе Житковичей. Для теплого периода увеличение еще более значимо – 2,1 и 14,8% соответственно. Увеличение продуктивных почвенных влагозапасов отражает установленную ранее общую тенденцию увеличения тепловлагообеспеченности исследуемой территории [4]. В ходе воднобалансовых расчетов исследованы дефициты влагозапасов дерново-подзолистых супесчаных почв 75%-й обеспеченности, при уровне оптимальности $V_0=1,0$ (по наименьшей влагоемкости расчетного 50 см почвенного слоя) на предмет необходимости проведения оросительных мелиораций. Результаты расчетов свидетельствуют, что за последнее тридцатилетие произошло уменьшение дефицитов почвенных влагозапасов в среднем на 7% (минимум – 1,1% в Пинске, максимум – 17,4% в Житковичах). Наибольшую значимость представляет их снижение в активной фазе вегетации сельхозкультур (май-июль). В сумме за этот период дефицит почвенных влагозапасов уменьшился в среднем на исследуемой территории на 56 мм (от 11 мм – в Бресте до 72 мм – в Житковичах), что сви-

детельствует о сокращении оросительных норм, примерно на 11%. Уменьшение влагозапасов почвы соизмеримо в сумме с нормами одного-двух разовых поливов, соответствующих условиям естественного увлажнения Белорусского Полесья.

В итоге можно сделать выводы о том, что происходящие изменения воднобалансовых характеристик, в частности, почвенных влагозапасов на территории Белорусского Полесья, имеют статистическую значимость. Влажность почв возрастает, а теплообеспеченность увеличивается, что позитивно может сказаться на развитии сельхозпроизводства (увеличение продолжительности вегетационного периода сельхозкультур, введение в оборот более продуктивных их сортов, а самое главное – потребности в оросительной воде снижаются, тем самым имеется экономический эффект). Не снижается актуальность осушительных мелиораций ввиду увеличения увлажненности исследуемой территории, что делает необходимым проектирование мероприятий по реконструкции мелиоративных систем на основе прогнозных оценок тепловоднобалансовых характеристик. Такой подход сведет к минимуму риски от подтопления сельскохозяйственных земель, так как будет обеспечена эффективность работы осушительной регулирующей сети и надлежущая пропускная способность проводящей.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мезенцев, В.С. Гидрологические расчеты в мелиоративных целях: учеб. пособие / В.С. Мезенцев [и др.]; под ред. В.С. Мезенцева. – Омск: ОмСХИ, 1980. – 83 с.
2. Логинов, В.Ф. Влияние мелиорации на региональный климат Беларуси / В.Ф. Логинов // Природные ресурсы. – 1997. – № 1. – С. 24–28.
3. Шебеко, В.Ф. Влияние осушительных мелиораций на водный режим территорий / В.Ф. Шебеко. – Минск: Ураджай, 1983. – 200 с.
4. Валуев, В.Е. Климатические изменения и их последствия в режимах гидромелиораций на территории Брестской области / В.Е. Валуев, О.П. Мешик // Мелиорация сельскохозяйственных земель в XXI в.: проблемы и перспективы: мат. Межд. науч.-практ. конф., Минск, 20–22 марта 2007 г. / НАН Беларуси. – Минск: Институт мелиорации, 2007. – С. 60–64.

УДК 551.579.001.24

Сидорчик К.П., Федосик М.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Мешик О.П.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ДЕФИЦИТОВ ПОЧВЕННЫХ ВЛАГОЗАПАСОВ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Основной целью работы является оценка пространственно-временной изменчивости дефицитов почвенных влагозапасов 75%-й обеспеченности на территории Белорусского Полесья. Основным методом исследований – воднобалансовый.

Водный баланс почвы – это количественная характеристика ее водного режима, т.е. сопоставление всех форм поступления, передвижения и расхода влаги. Водный баланс основан на известном законе сохранения вещества (в данном случае воды) и составляется для определенного слоя почвы за определенный промежуток времени.

Дефициты почвенных влагозапасов рассчитываются подекадно или помесечно за длительный период наблюдений (не менее 30 лет). Данные по почвенным влагозапасам за вегетационный период ранжируются в убывающем порядке, подвергаются статистической обработке, в результате чего выявляются годы с характерными обеспеченностями. Для нашего случая принимается 75%-я обеспеченность дефицитов почвенных влагозапасов, соответствующая среднезасушливому году.

Основными исходными данными для расчета являются атмосферные осадки, среднемесячные значения дефицитов влажности воздуха, влажность разрыва капилляров, наименьшая влагоемкость, высота капиллярного поднятия, глубина залегания грунтовых вод и др.

Интегральной характеристикой естественной увлажненности мелиорируемых земель является влажность зоны аэрации – среды обитания корневой системы растений (W_n , W_k). Глубина расчетного слоя почвы (H_p) по сельскохозяйственным культурам и их фенологическим фазам в реальных почвенно-геологических условиях Беларуси составляет 30-60 см. Почвенные влагозапасы на конкретном сельскохозяйственном поле являются производной от количества и динамики поступления в расчетный слой почвы влаги за счет выпадающих атмосферных осадков, почвенно-грунтовых, склоновых и намывных вод. Рабочее уравнение водного баланса, решаемое относительно почвенных влагозапасов, имеет вид

$$W_k = W_n + KX_i - Z_{oi} - Y_i + G_i - J_i, \quad (1)$$

где W_k, W_n – почвенные влагозапасы на конец и начало расчетного интервала времени; KX_i – атмосферные осадки с учетом поправок на ветровой недоучет и смачивание осадкомерного ведра; Z_{oi} – суммарное испарение (водопотребление сельхозкультур); Y_i – суммарный сток; G_i – грунтовая составляющая вертикального влагообмена; J_i – инфильтрация почвенной влаги в более глубокие слои зоны аэрации; i – расчетный период.

Полученное значение влагозапасов (W_k) должно укладываться в оптимальные пределы $W_{врк} \leq W_{opt} \leq W_{нв}$, где $W_{врк}$ – влажность разрыва капиллярных связей как нижнее пороговое значение оптимальных почвенных влагозапасов для сельхозкультур; $W_{нв}$ – наименьшая влагоемкость.

Одной из существенных проблем решения уравнения водного баланса является определение суммарного испарения – связующего звена в процессе взаимодействия тепла и влаги на земной поверхности. Непосредственное измерение суммарного испарения (Z) проводится на отдельных метеостанциях с помощью испарителей и лизиметров. Для практической оценки величин (Z) на территории Белорусского Полесья нами принят метод гидролого-климатических расчетов В.С. Мезенцева [1].

В работе подобраны данные по характерным и репрезентативным почвенным разрезам на территории Белорусского Полесья, заложенных вблизи действующих метеостанций (Брест, Пинск, ст. Полесская, Гомель, Василевичи, Житковичи, Лельчицы). Исходные ряды воднобалансовых характеристик приняты за 30-летний период наблюдений с 1975 по 2004 гг. Ряды разбиты на три части по десять лет: 1975-1984 гг., 1985-1994 гг., 1995-2004 гг. Это позволяет проследить динамику почвенных влагозапасов за исследуемый период. В таблице 1 приведены результаты расчета водного баланса по дефицитам почвенных влагозапасов в год 75%-й обеспеченности для отдельных пунктов исследуемой территории.

Результаты таблицы 1 за отдельные месяцы и периоды позволяют сделать вывод о росте дефицитов почвенных влагозапасов за последнее десятилетие (1995-2004 гг.) по восточной части Белорусского Полесья, с более континентальным климатом. И, наоборот, в Бресте, Дрогичине, т.е. по западу исследуемой территории наблюдается некоторое уменьшение дефицитов почвенных влагозапасов. Выявленные дефициты почвенных влагозапасов ($P = 75\%$) свидетельствуют об их значительной изменчивости в активной фазе вегетации сельскохозяйственных культур по десятилетиям расчетных перио-

дов. Максимальные разности достигают 500-700 м³/га. Установленные изменения указывают на большую изменчивость и неустойчивость естественного увлажнения исследуемой территории по годам. Исследования, проведенные ранее за период с 1946 по 2004 г. [2], установили общую тенденцию для юго-западной части Беларуси роста почвенных влагозапасов, однако, как видно из таблицы 1, имеет место как положительная, так и отрицательная их динамика.

Таблица 1 – Дефициты почвенных влагозапасов ($P = 75\%$) для дерново-подзолистой супесчаной почвы без учета УГВ, мм

Пункт	Расчетный период	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь
Брест	1975-1984	-17	-37	-42	-33	-16	-11	-4
	1985-1994	-21	-44	-34	-66	-31	11	4
	1995-2004	-20	-43	-46	-10	-51	-6	9
Пинск	1975-1984	-5	-32	-84	-110	-133	-111	-126
	1985-1994	-27	-70	-68	-110	-159	-136	-124
	1995-2004	-22	-76	-113	-135	-191	-189	-168
Василевичи	1975-1984	0	-44	-88	-113	-145	-158	-147
	1985-1994	-30	-99	-87	-105	-104	-92	-98
	1995-2004	-17	-56	-112	-127	-159	-150	-125

На рисунке 1 в качестве примера приведена динамика дефицитов почвенных влагозапасов по Пинску ($P = 75\%$) по отдельным годам вегетационного периода.

Как показывает рис. 1, имеет место значительное колебание (цикличность) исследуемых величин за последнее тридцатилетие. В ходе расчетов, при приведении дефицитов почвенных влагозапасов к среднезасушливому году ($P = 75\%$) в 1981, 1990, 1997 гг. получены суммарные избытки почвенных влагозапасов. На рис. 1 показана линия тренда почвенных влагозапасов, отражающая тенденцию к увеличению их дефицитов в Пинске за последнее тридцатилетие. Более точные и корректные результаты можно получить выявляя цикличность колебания исследуемых характеристик за более длительные периоды. Однако ограниченность данных наблюдений до 1946 г. не позволяет сформировать такой временной ряд, по которому статистические оценки будут корректными. Предварительный анализ показал трудности в получении на исследуемой территории полных законченных циклов колебаний дефицитов почвенных влагозапасов, имеющих как маловодные, так и многоводные фазы.

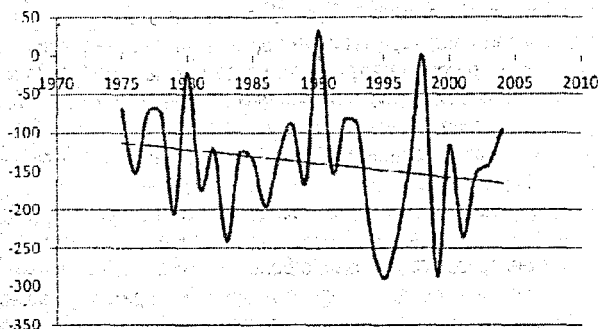


Рисунок 1 – Динамика дефицитов почвенных влагозапасов ($P=75\%$) дерново-подзолистых супесчаных почв в пункте Пинск за вегетационный период, мм

На рис. 2. показаны дефициты почвенных влагозапасов расчетной обеспеченности в интегральной форме.

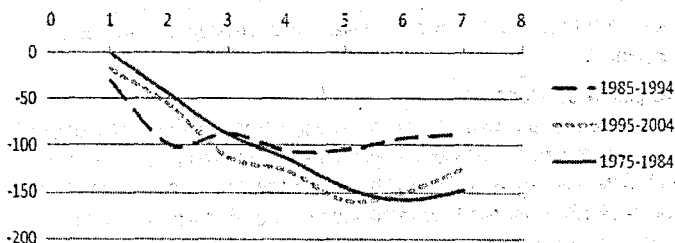


Рисунок 2 – Интегральные кривые дефицитов почвенных влагозапасов ($P = 75\%$) дерново-подзолистых супесчаных почв в пункте Пинск за вегетационный период, мм

Несмотря на имеющееся колебание дефицитов почвенных влагозапасов по годам, потребности в оросительных мероприятиях на исследуемой территории не снижаются и составляют в среднем по территории 1000-1500 м³/га в среднезасушливый год (см. рис. 2).

Таким образом, располагая значениями климатических коэффициентов водопотребления, данными наблюдений на метеостанциях за осадками, температурой и влажностью воздуха, водно-физическими константами расчетного слоя почвы, агротехническими особенностями возделывания сельскохозяйственных культур, можно определить сроки начала и окончания вегетации, поливные нормы и дать прогноз режимов орошения (осушения) сельскохозяйственных культур в характерные по влагообеспеченности годы.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мезенцев, В.С. Гидрологические расчеты в мелиоративных целях: учеб. пособие / В.С. Мезенцев [и др.]; под ред. В.С. Мезенцева. – Омск: ОмСХИ, 1980. – 83 с.
2. Валуев, В.Е. Климатические изменения и их последствия в режимах гидромелиораций на территории Брестской области / В.Е. Валуев, О.П. Мешик // Мелиорация сельскохозяйственных земель в XXI в.: проблемы и перспективы: мат. Межд. науч.-практ. конф., Минск, 20–22 марта 2007 г. / НАН Беларуси. – Минск: Институт мелиорации, 2007. – С. 60–64.

УДК 556.16.048

Шолтанюк М.А.

Научный руководитель: ассистент Натарева О.Н.

ВЛИЯНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ВОДОСБОРОВ МАЛЫХ РЕК БЕЛАРУСИ НА ИХ СТОК

Введение

Малые реки являются наиболее чувствительными экосистемами, а их водосборы занимают около 90% территории Республики Беларусь. Малые реки играют важную роль в формировании местного поверхностного стока, который, в свою очередь, является не только необходимым источником для целей водоснабжения, но и гидроэнергетики, сельского и рыбного хозяйств и др.

Исходные данные

Для исследований выбрано 69 малых рек. Это равнинные реки, протекающие в неглубоких, хорошо разработанных широких долинах [1]. Уклоны рек колеблются в преде-

лах от 0 до 3,4 ‰. Густота речной сети колеблется от 0,28 до 1,20 км/км². Водосборы некоторых рек заболочены. Наибольшая площадь заболоченности отмечена на р. Ведрич – х. Бабичи (60%).

Малые реки отличаются неустойчивым и неравномерным распределением стока воды в течение года.

Методика исследований

В данной работе рассмотрено влияние местоположения водосборов рек на их сток. В качестве характеристик, оказывающих влияние на сток, приняты: долгота (в км) и широта (в км). Отметим, что в работе рассмотрено три вида стока: максимальный, средний и минимальный [2]. В качестве исходных данных выступают модули стока соответствующих видов стока, предоставленные республиканским гидрометеорологическим центром Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Степень влияния каждой из характеристик оценена посредством линейных трендов, а степень достоверности – значением коэффициента корреляции [3].

Анализ результатов исследований

По каждому виду стока построены точечные диаграммы вида

$$M = \alpha \cdot x + \beta, \quad (1)$$

где α – градиент стока;

x – исследуемая характеристика (долгота или широта);

β – параметр.

Анализ данных диаграмм рассмотрим в отдельности для каждой из принятых характеристик.

1. Долгота. Первый вид стока, который проанализирован, является максимальным. Построенные диаграммы зависимостей модулей максимального стока воды от долготы отражают как увеличение количественной характеристики речного стока, так и уменьшение. Увеличение модулей стока малых рек отмечено в январе, марте, апреле, мае, июле, сентябре, октябре месяцах. Относительно уменьшения – оно приходится на февраль, июнь, ноябрь и декабрь месяцы. Август месяц характеризуется отсутствием какой-либо связи. В целом для года намечена тенденция увеличения значений модулей максимального стока воды с ростом значений долготы. Так, при долготе в 200 км значение модуля составляет 12,6 л/с с км², а при 300 км – 13,0 л/с с км². Значения модулей речного стока находятся в пределах от 0,0 до 35,0 л/с с км². Линейный тренд годового стока характеризуется уравнением регрессии следующего вида: $M = 0,0056 \cdot D + 10,315$ и статистически незначимым значением коэффициента корреляции ($r = 0,16$).

Случай средних значений модулей стока противоположен случаю максимальных значений, т.к. линейный тренд, построенный по годовым значениям ($M = -0,0001 \cdot D + 5,5923$, $r = 0,01$), указывает на уменьшение модулей стока с увеличением долготы. Так, при долготе 200 км модуль стока составляет 5,6 л/с с км², а при долготе в 300 км – 5,4 л/с с км². Линейные тренды, построенные по месячным значениям, свидетельствуют об уменьшении модулей стока воды в январе, феврале, марте, мае, июне, июле, августе, сентябре, октябре, ноябре, декабре месяцах. Наибольшее уменьшение зафиксировано в феврале, июне, ноябре месяцах. Увеличение модулей стока наблюдается лишь в апреле месяца. Значения модулей стока данного месяца колеблются в пределах от 5,0 до 45,0 л/с с км².

В случае минимального стока зафиксировано его уменьшение с ростом долготы. Однако, как и в случае средних значений, имеется исключение, а именно – в апреле месяца наблюдается его увеличение. Значения модулей минимального стока воды апреля месяца находятся в пределах от 0,0 до 30,0 л/с с км². Для остальных месяцев значения модулей стока воды колеблются от 0,0 до 8,0 л/с с км². Линейный тренд, отражающий изменения годового минимального стока воды, степени влияния долготы не выявил, т.е. линейный тренд имеет вид горизонтальной прямой. Данный тренд характеризуется уравнением регрессии вида: $M = 0,0018 \cdot D + 3,4387$. Значение коэффициента корреляции является статистически незначимым и составляет 0,10. В целом, значения модулей соответствующего вида стока находятся в пределах от 0,0 до 12,0 л/с с км².

2. Широта. Приведем оценку изменений модулей максимального стока воды. Линейные тренды на диаграммах, построенных по месячным значениям, свидетельствуют о неоднозначном влиянии рассматриваемой характеристики. Так, в январе, феврале, марте наблюдается уменьшение значений модулей стока воды. В остальные месяцы зафиксировано увеличение. Наибольшее увеличение отмечено в мае месяце. Значения модулей максимального стока воды колеблются в пределах от 0,0 до 40,0 л/с с км². Наиболее ярко уменьшение модулей стока воды зафиксировано в феврале месяце. Значения коэффициентов корреляции достаточно велики, а величины модулей стока находятся в пределах от 0,0 до 33,0 л/с с км². Годовой линейный тренд отражает увеличение значений модулей стока воды с ростом широты. Данный тренд характеризуется уравнением регрессии вида: $M = 0,0073 \cdot Ш + 10,64$ и статистически незначимым значением коэффициента корреляции $r = 0,17$. Для наглядности приведем пример: при широте 200 км модуль стока воды составляет 13,0 л/с с км², а при 300 км – 13,6 л/с с км².

Линейный тренд, построенный по годовым значениям среднего стока воды, отражает рост значений модулей стока с увеличением широты. Так, при широте 200 км значение модуля стока воды составляет 7,4 л/с с км², при долготе в 300 км – 8,0 л/с с км². Также приведем уравнение регрессии: $M = 0,0085 \cdot Ш + 5,705$ и значение коэффициента корреляции: $r = 0,61$ (статистически значимый). Линейные тренды, построенные на диаграммах месячного стока воды, в большей степени, также фиксируют данную тенденцию. Наибольшее увеличение наблюдается в весенние месяцы (апреле, мае месяцах). Однако, если значения модулей стока воды апреля месяца находятся в пределах от 5,0 до 45,0 л/с с км², то в мае месяце – 1,0 до 17,0 л/с с км². Уменьшение наблюдается в феврале, марте месяцах.

Относительно минимального стока воды – все линейные тренды, показанные как для 12 месяцев года, так и для года в целом, отражают тенденцию роста значений модулей стока воды с увеличением широты. Наибольшее увеличение модулей минимального стока отмечено в мае месяце. Значения модулей стока воды колеблются в пределах от 0,0 до 8,0 л/с с км². Исключение составляет апрель месяц – значения модулей стока воды находятся в пределах от 0,0 до 30,0 л/с с км². Линейный тренд, построенный по годовым значениям минимального стока воды, характеризуется уравнением регрессии следующего вида: $M = 0,0093 \cdot Ш + 3,6520$ и значением коэффициента корреляции: $r = 0,42$. Значения модуля минимального стока воды при широте 200 км, в среднем, колеблются от 0,0 до 5,0 л/с с км², а при долготе в 300 км – достигают 7,0 л/с с км².

Для наглядности на рисунке 1 представлено изменение модулей стока воды в зависимости от широты малых рек для принятых видов стока.

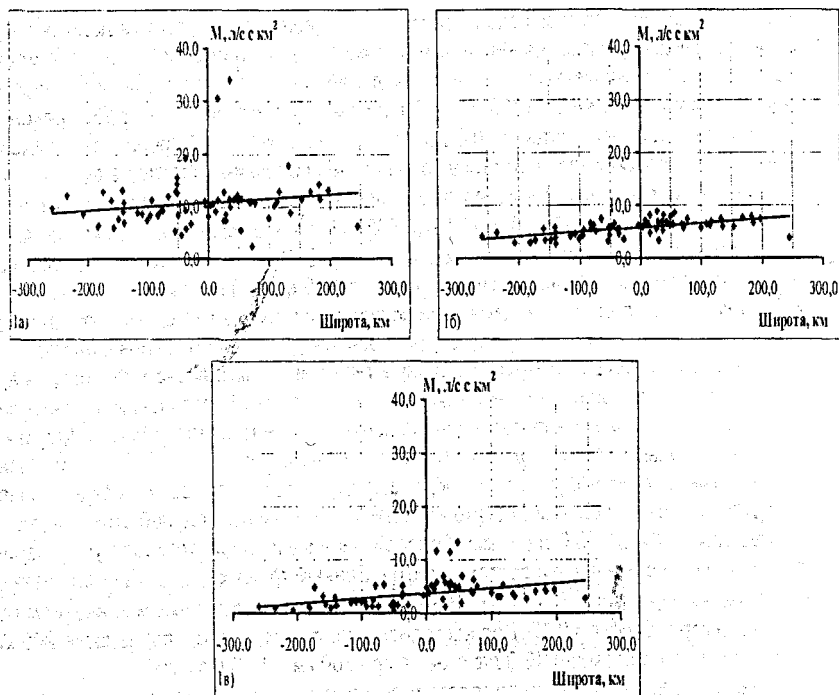


Рисунок 1 – Влияние широты на сток
(1а – максимальный, 1б – средний, 1в – минимальный) малых рек Беларуси

Заключение

Проведенные исследования для 69 малых рек, в области годового стока воды (минимального и среднего), влияния долготы на модули стока не выявили. Относительно максимального стока воды – наблюдается увеличение значений модулей стока с ростом долготы. Касательно широты – намечена ярко выраженная тенденция роста модулей речного стока воды малых рек Беларуси (максимального, среднего, минимального). В области месячного стока воды об однозначном влиянии судить невозможно, поскольку наблюдается как увеличение, так и уменьшение значений количественной характеристики.

Таким образом, установлена своеобразная зависимость модулей максимального стока воды малых рек от их местоположения. Для минимального и среднего видов речного стока такой зависимости не выявлено.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Реки. Общая характеристика // Экология рационального природопользования. – Мн.: Право и экономика, 2005. – 373 с.
2. Коляда, О.Н. Влияние гидрографических характеристик на внутrigодовое распределение стока малых рек Беларуси // Сборник конкурсных работ студентов и магистрантов, 2007. – С. 140–142.
3. Волчек, А.А. Синхронности в колебаниях стока рек Беларуси и его оценка / Природные ресурсы. – 2001. – № 2. – С. 25–48.

ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОТОННЫХ НАНОПУЧКОВ В МИКРОЦИЛИНДРАХ

С 2004 года наблюдается рост числа публикаций, в которых рассматриваются свойства, основные условия существования и потенциальные применения фотонного нанореактивного пучка. Фотонный нанопучок – это узкий, высокоинтенсивный электромагнитный пучок, который распространяется в фоновой среде от теневой боковой поверхности диэлектрического микроцилиндра (или микросферы), освещенного плоской волной, причем диаметр этих тел больше длины волны излучения. Как было показано в работах теоретического [1-2] и экспериментального [3-4] направления, такие сферы могут генерировать пучок света с очень малым размером светового пятна с углом расхождения в два раза меньшим, чем в пучке, полученном классической фокусировкой гауссова пучка в свободном пространстве [5]. Фотонные нанореактивные пучки находят широкое применение при детектировании наноразмерных частиц [6-7], в усилении флуоресцирующих свойств [8], в прямой субволновой литографии [9], в фотонных волноводах с малыми потерями [10] и в оптических устройствах хранения информации [11].

Основные свойства фотонного нанопучка: пучок распространяется без затухания и может содержать субдлинноволновую полуширину спектральной линии, поперечная ширина луча может расширяться более чем на $\sim 2\lambda$ вне диэлектрического цилиндра или сферы. Минимальная полуширина спектральной линии пучка может быть меньше, чем классический дифракционный предел (величина порядка $\sim \lambda/3$ для микросфер). Фотонный нанопучок – нерезонансное явление, которое может наблюдаться для широкого диапазона диаметров (от $\sim 2\lambda$ до более чем 40λ) диэлектрического микроцилиндра или микросферы, при условии, что относительный показатель преломления сферического тела и окружающей среды менее 2. Нанореактивный пучок обладает высокой интенсивностью, которая может значительно превышать интенсивность облучающей микросферу волны.

Целью данной работы является разработка методики моделирования фотонных нанопучков, позволяющая прогнозировать их основные параметры и осуществлять оптимизацию по интенсивности или по ширине нанопучка.

Для реализации поставленной задачи был проведен анализ численных методов моделирования электромагнитных волн, хотя распределение интенсивности в фотонном пучке может быть полностью рассчитано с помощью аналитического метода Ми, поскольку фотонный нанореактивный пучок является одним из явлений, вызванных интерференцией рассеянного вперед излучения Ми-частицами среды. Однако аналитический метод Ми в вычислительном отношении является довольно громоздким. Чтобы преодолеть данную проблему, нами был выбран численный метод конечных элементов. Этот метод использовался для изучения свойств нанопучков, таких как ширина пучка, его интенсивность в фокусе и угол расхождения, зависящих от изменяемых параметров установки (показателя преломления, длины падающей волны и диаметра сферы).

Выбор двумерной модели, которая представляет собой бесконечный цилиндр, позволил нам быстро изменять параметры системы и наблюдать распространение фотонного пучка. Затем полученные результаты проходили процедуру сравнения с аналитическими данными в отдельных точках для подтверждения корреляции.

Для численного моделирования методом конечных элементов поставленной задачи нами использовалась программа Comsol Multiphysics, которая обладает развитыми возможностями графического вывода результатов численного моделирования. Применение данного пакета обусловлено и тем обстоятельством, что выбор вычислительной сетки может быть задан программой автоматически, что значительно упрощает процедуру метода конечных элементов. Кроме того, для одной геометрии моделируемой физической системы можно одновременно рассчитывать не только оптическую модель, но и другие, например, тепловую, и связывать их между собой.

На рисунке 1 показано распределение интенсивности фотонного нанореактивного пучка, сформированного бесконечным цилиндром, рассчитанное методом конечных элементов с использованием специально подобранной сетки для уменьшения области моделирования. Следует отметить, что подбор производился исходя из объема оперативной памяти применявшегося компьютера, поскольку особенностью пакета Comsol Multiphysics является высокая требовательность именно к этой характеристике.

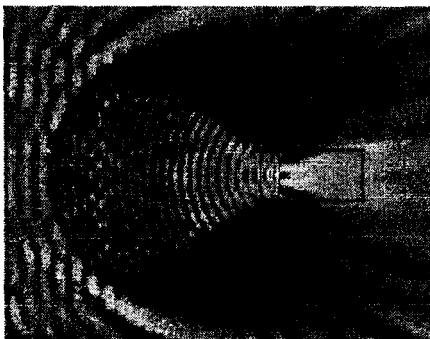


Рисунок 1 – Графическое представление результатов расчета методом конечных элементов для распределения интенсивности плоской волны длиной 400 нм, сфокусированной бесконечно длинным цилиндром диаметром 5 мкм. Интенсивность падающей волны – 1 (темный цвет), максимальная интенсивность фотонного пучка – 15 (выделен справа)

Падающая слева плоская волна является линейно поляризованной в плоскости падения. В результате численного моделирования наблюдается образование системы дифракционных максимумов на теневой стороне цилиндра за счет интерференции падающей волны и поля, рассеянного цилиндром. Угловой спектральный анализ фотонных нанореактивных пучков выявил, что боковые компоненты пространственного распределения света рассеиваются сильнее тех, которые вносят основной вклад в конфигурацию фотонных нанопучков [5].

На рисунке 1 отчетливо виден основной главный максимум (фотонный нанореактивный пучок), причем его интенсивность на порядок выше интенсивности соседних максимумов. Кроме того, из рисунка 1 следует, что фотонный пучок практически без затухания распространяется на длину порядка 1 мкм, что невозможно без вклада максимумов высших порядков.

Теоретически показано, что компоненты затухания вносят незначительный вклад в величину интенсивности центрального пика, между тем распределение угловой интенсивности определяется сферической или цилиндрической конфигурацией фокусирующей системы.

Мы исследовали зависимость свойств нанопучка такой системы, принимая во внимание, что в случае сферы, как и следовало ожидать, интенсивность значительно увеличивается [2]. Исходя из этого, мы оптимизировали размеры сфер, длины волн и показатели преломления, чтобы минимизировать полуширину фотонного нанопучка и одновременно повысить его мощность. Далее проводилось сравнение численных результатов с экспериментальными изображениями распределения интенсивности нанореактивного пучка при помощи недавно предложенной техники сканирующей конфокальной микроскопии [4].

В таблице 1 определены переменные параметры, которые можно изменять в ходе проведения эксперимента, и указаны зависимые параметры, которые представляют для нас большой интерес. Однако заметим, что аналитических формул для определения этих величин не существует.

Таблица 1 – Изменяемые и зависимые параметры моделируемой системы

Изменяемые параметры	Зависимые параметры
M: Относительный показатель преломления	I_{MAX} : Максимальная интенсивность в аксиальном профиле
D: Диаметр сферы	Γ_{FWHM} : Полуширина пучка в центральном максимуме
λ_0 : Длина волны падающего света	θ : Угол расхождения главного максимума (угол между линиями, соединяющие точки на полуширине контура нанореактивного пучка)
	WD: Расстояние от поверхности сферы до точки с наибольшей интенсивностью в аксиальной плоскости
	G_{AXIAL} : Расстояние от поверхности сфер до точек с относительной интенсивностью, составляющей $1/e^2$
	C: Степень разрешающей способности системы (отношение разности интенсивности центрального максимума от интенсивности соседнего максимума к их сумме)

На рисунке 2 представлен график максимальной интенсивности излучения на расстоянии 50 нм от поверхности цилиндра в зависимости от его диаметра. На рисунке 2 хорошо заметно постепенное пульсирующее усиление относительной интенсивности света с увеличением диаметра, причем начиная с диаметра цилиндра 4 мкм интенсивность пучка не возрастает, а колеблется от 17 до 21 относительных единиц. Следовательно, оптимальный размер микроцилиндра или микросферы, формирующей интенсивный нанопучок с длиной волны 400 нм, лежит в диапазоне от 4 до 6 мкм.

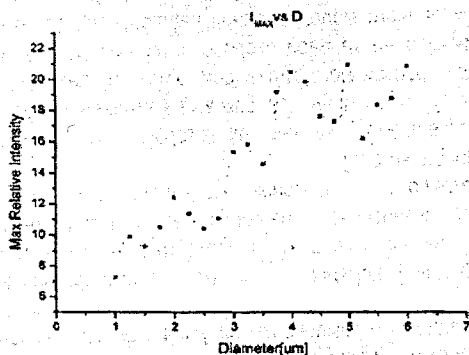


Рисунок 2 – Зависимость максимальной интенсивности (I_{MAX}) от диаметра цилиндра на фиксированном расстоянии от поверхности (50 нм)

Помимо оптимизации фотонного пучка по интенсивности излучения актуальной задачей является фокусировка излучения до размеров меньших, чем длина волны. С практической точки зрения эта проблема возникает при разработке устройств оптической записи с повышенной плотностью. Например, лазерный пучок чрезвычайно трудно сфокусировать в пятно диаметром менее 1 мкм вследствие дифракционной расходимости, однако экспериментальные данные свидетельствуют, что в ближней зоне дифракции можно получить пучок шириной в сотни нанометров. С помощью численного моделирования нами получена зависимость ширины фотонного пучка от диаметра цилиндра при неизменной длине волны падающего излучения.

Результаты моделирования убедительно свидетельствуют, что ширина фотонного пучка (центрального максимума) колеблется вблизи 0,43 λ_0 , что для длины волны 400 нм составляет 185 нм, и не зависит от диаметра цилиндра. С учетом данных моделирования интенсивности пучка можно утверждать, что при длине волны 400 нм и показателе преломления материала микрорезонатора оптимальные интенсивность и ширина фотонного пучка достигаются при размерах цилиндра от 4 до 6 микрометров.

Следовательно, распределение рассеянного излучения существенно изменяется с изменением возбуждающей длины волны, хотя фотонные нанопучки не являются результатом резонансного эффекта. Это позволяет подобрать такие диаметры преломляющих цилиндров или сфер, при которых происходит усиление интенсивности центрального дифракционного максимума и уменьшение интенсивности смежных дифракционных максимумов.

Установлено, что ширина фотонного нанопучка колеблется вблизи величины равной 0,43 λ_0 . Хотя рассеяние возникает случайным образом, тем не менее, для описания этого явления может быть использована теория Ми. Таким образом, можно методом моделирования подобрать оптимальный размер сферы, чтобы одновременно увеличить максимальную интенсивность центрального максимума и уменьшить ширину фотонного нанопучка.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Itagi, A.V. Optics of photonic nanojets / A.V. Itagi, W.A. Challenor // J. Opt. Soc. Am. A. – 2005. – Vol.22, no.12. – P. 2847–2858.
2. Lecler, S. Properties of a three-dimensional photonic jet / S. Lecler, Y. Takakura, P. Meyrueis // Opt. Lett. – 2005. – Vol. 30, no.19. – P. 2641–2643.
3. Gerlach, M. Nanojets and directional emission in symmetric photonic molecules / M. Gerlach, Y.P. Rakovich, J.F. Donegan // Opt. Express. – 2007. –Vol. 15, no.25. – P. 17343–17350.
4. Ferrand, P. Direct imaging of photonic nanojets / P. Ferrand, et al. // Opt. Express. – 2008. – Vol.16, no.10. – P. 6930–6940.
5. Devilez, A. Spectral analysis of three-dimensional photonic jets / A. Devilez, et al. // Opt. Express. – 2008. –Vol. 16, no.18. – P. 14200–14212.
6. Alexander, H. Experimental confirmation of backscattering enhancement induced by a photonic jet / H. Alexander, et al. // Applied Physics Letters. – 2006. –Vol. 89, no.22. – P. 221118.
7. Chen, Z. Photonic nanojet enhancement of backscattering of light by nanoparticles: a potential novel visible-light ultramicroscopy technique / Z. Chen, A. Taflov, V. Backman // Opt. Express. – 2004. –Vol. 12, no.7. – P. 1214–1220.
8. Gérard, D. Strong electromagnetic confinement near dielectric microspheres to enhance single-molecule fluorescence / D. Gérard, et al. // Opt. Express. – 2008. –Vol. 16, no.19. – P. 15297–15303.
9. McLeod, E. Subwavelength direct-write nanopatterning using optically trapped microspheres / E. McLeod, C. B. Arnold // Nat Nano. – 2008. –Vol. 3, no.7. – P. 413–417.
10. Yang, S. Photonic nanojet-induced modes in chains of size-disordered microspheres with an attenuation of only 0.08 dB per sphere / S. Yang, V. N. Astratov // Applied Physics Letters. – 2008. –Vol. 92, no.26. – P. 261111–3.
11. Kong, S. –C. Photonic nanojet-enabled optical data storage / S. –C. Kong, et al. // Opt. Express. – 2008. – Vol. 16, no.18. – P. 13713–13719.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДОСТАВКИ МОЛОКА ОТ СЕЛЬХОЗПРЕДПРИЯТИЙ НА МОЛОКОЗАВОДЫ

Одной из основных задач управления молокоперерабатывающей отраслью республики является повышение эффективности работы предприятий путём снижения себестоимости производства и транспортировки продукции с целью обеспечения более высокого уровня конкурентоспособности на рынке молочных изделий. Транспортные расходы в себестоимости продукции предприятий молокоперерабатывающей промышленности занимают значительный удельный вес. В связи с этим необходимо максимально уменьшить затраты, связанные с транспортировкой сырья и продукции [1, 2].

В данной работе будут исследованы существующие методы оптимизации транспортировки на уровне производитель молока – молокоперерабатывающее предприятие. Будет разработан программный комплекс для оптимизации доставки молока от сельхозпредприятий на молокозаводы.

Существует множество предприятий по производству молочного сырья (СХП), которые расположены в различных территориальных зонах. Там же размещается ряд предприятий по переработке молока и производству молочных продуктов.

Объем производства продукции в каждом СХП составляет P_j , где $j \in J$ – индекс производителя, $J = (1 \dots N)$. Объем потребления исходного сырья составляет Q_i , где $i \in I$ – индекс предприятия по переработке молока, $I = (1 \dots M)$.

Вывоз молочного сырья осуществляется централизованно автомобильным транспортом молокозавода. Исходя из технологических требований, все молоко, произведенное в сельскохозяйственном предприятии в течение суток, должно быть вывезено за один рейс одной либо несколькими специализированными цистернами. Также необходимо учитывать типоразмерный ряд специализированных автомашин (автопарк молокозаводов).

Необходимо составить такой план перевозок, при котором весь продукт от поставщика вывозится полностью, а потребители получают его в соответствии с возможностями производственных мощностей, причем общая величина транспортных издержек должна быть минимальной. Результаты вычисления – маршруты транспортировки молочного сырья и соответствующие им молокозаводы.

Алгоритм решения задачи

1. Составление матрицы расстояний.

Размерность матрицы $(M+N) \times (M+N)$. Элементами матрицы являются километражи путей предприятий по производству молочного сырья между собой и молокоперерабатывающими заводами. Матрица построена на основании карты автодорог РФ с использованием Google Maps API.

2. Закрепление СХП за молокозаводами.

Каждое предприятие по производству молочного сырья закрепляется за некоторым молокозаводом. Критерии для этого этапа – молокозавод должен функционировать как минимум на 80% своей мощности, длина маршрута от СХП к этому молокозаводу должна быть меньше чем к другим молокозаводам.

3. Отбор СХП, производящих больший объем сырья, чем грузоподъемность выбранной цистерны.

Это предполагает однозначный маршрут следования одной или нескольких единиц техники на указанные предприятия и обратно.

4. Корректировка оставшихся объёмов сырья.

После определения однозначных маршрутов на этапе № 3 необходима корректировка оставшихся объёмов сырья для транспортировки (рисунок 1).

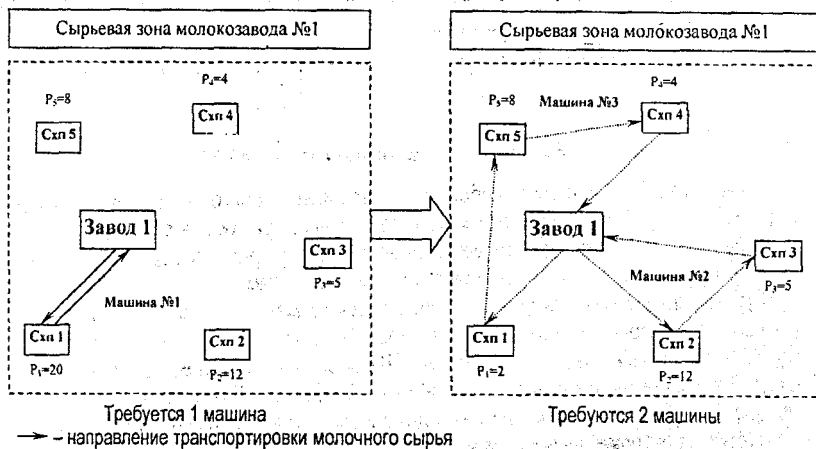


Рисунок 1 – Корректировка оставшихся объёмов сырья

5. Определение цепочек (сочетаний) СХП.

Для оставшегося расчетного количества автомобилей примем, что каждая из имеющихся на молокозаводе автоцистерн совершает за смену один рейс и может посетить не более 5 предприятий. В этом случае необходимо определить всевозможные варианты сочетаний сельскохозяйственных предприятий.

6. Задача коммивояжера для каждой цепочки.

Каждое из удовлетворяющих вышеуказанному условию на этапе №5 сочетание сводится к решению задачи коммивояжера. В качестве целевой функции – минимальные затраты на проезд транспорта.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Оптнер, С.А. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. – М.: Сов. радио, 1969.
2. Райфа, Г. Анализ решений. – М.: Наука, 1977.

УДК 626.13

Васильюк П.Е., Кулик В.В.

Научный руководитель: доцент Шуть В.И.

ДЕТЕРМИНИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЁТА ПЛАНА КООРДИНАЦИИ СВЕТОФОРНОГО ОБЪЕКТА

1. Постановка задачи. Дорожный затор или автомобильная пробка – скопление транспортных средств на дороге, существенно снижающее её пропускную способность. На рис. 1а) изображена абстрактная улично-дорожная сеть (УДС). Автотранспортные средства (АТС) могут двигаться, например, из пункта А в пункт В по вертикальным и го-

горизонтальным направлениям, не встречая препятствий в местах пересечения горизонталей и вертикалей. Для такой абстрактной сети на основе основного закона теории транспортных потоков [1] возможно рассчитать максимальное число N АТС, при котором сеть еще обеспечивает максимальную пропускную способность.

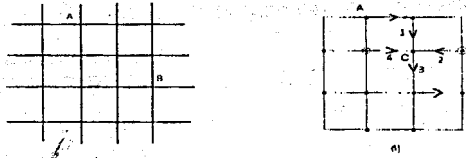


Рисунок 1 – Абстрактная и реальная УДС

Реальная УДС представляет собой граф, вершины которого отображают перекрёстки, а рёбра – улицы. Помеченные (кружками) вершины графа соответствуют регулируемым перекрёсткам, т.е. таким, на которых установлен светофорный объект (СФО), остальные вершины графа относятся к нерегулируемым перекрёсткам.

Пропускная способность реальной УДС намного меньше из-за наличия как регулируемых, так и нерегулируемых перекрёстков. Из пункта А в пункт В автомобиль может прибыть различными маршрутами. На рис. 1б) водитель выбрал маршрут, исключая СФО. Это совсем не означает, что он в пункт В прибудет быстрее, нежели если бы он предпочёл маршрут с одним или даже двумя СФО. Так, в вершине С он должен будет пропустить транспорт, двигающийся по рёбрам 2 и 4, если у него не главная улица.

Целью настоящей работы является анализ регулируемого перекрёстка методами теории графов, а также формализация задачи разгрузки перекрёстка при заторе.

2. Модель перекрёстка и его графы

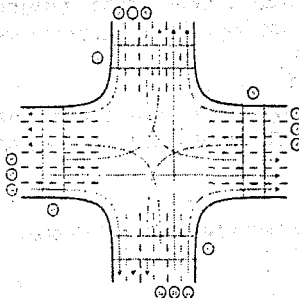


Рисунок 2 – Транспортные потоки перекрестка транспортных

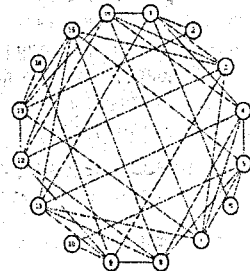


Рисунок 3 – Граф пешеходно-потоков

Перекрёсток в УДС является конфликтной зоной. Светофорное регулирование предназначено для поочерёдного пропуска конфликтующих участников дорожного движения (ДД). Так, на рис.2 число конфликтующих участков ДД равно 16, то есть по числу транспортно-пешеходных потоков. Здесь имеем:

- четыре пешеходных потока $Xп = \{Xп1, Xп5, Xп9, Xп13\}$;
- четыре транзитных транспортных потока $Xтт = \{Xтт3, Xтт7, Xтт11, Xп15\}$;
- четыре правоповоротных транспортных потока $Xтп = \{Xтп2, Xтп6, Xтп10, Xтп14\}$;
- четыре левоповоротных транспортных потока $Xтл = \{Xтл4, Xтл8, Xтл12, Xтл16\}$.

Переменная X означает число пешеходов либо транспортных единиц на конкретном направлении движения перекрёстка. Построим граф перекрёстка или граф пешеходно-транспортных потоков (рис. 3): Вершины графа соответствуют транспортным потокам. Две вершины графа соединены ребром, если соответствующие траектории движения этих потоков в зоне перекрёстка имеют точки пересечения (конфликтные точки).

Вынесение пешеходных потоков из зоны перекрёстка путём обустройства подземных переходов позволяет упростить граф транспортных потоков, резко сократить число конфликтных точек (рис. 4).

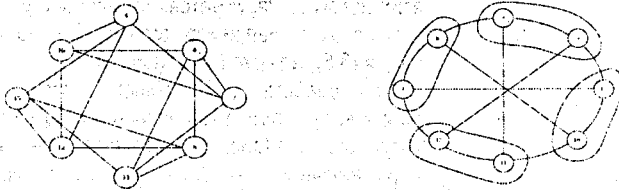


Рисунок 4 – Граф G транспортных потоков Рисунок 5 – Граф \bar{G} светофорного регулирования

Построим граф \bar{G} , дополнительный к графу G . Полученный граф назовем графом светофорного регулирования (рис.5). Пара вершин, инцидентных одному ребру этого графа, указывает на то, что данные потоки могут двигаться через перекресток одновременно, то есть они не имеют конфликтных точек соприкосновения. Таким образом, процесс оптимального управления разъездом транспорта на перекрестке сводится к формированию групп не конфликтующих потоков максимального объема.

Приведем данную постановку к известной в теории графов задаче о выделении в графе клик максимального размера. Известно следующее определение клики: «подмножество V' вершин графа G называется кликой, если любые две входящие в него вершины смежны, т.е. если порожденный подграф $G(V')$ является полным» [2].

Характеристикой графа светофорного регулирования будет кликовое число $\phi(G)$. Оно определяет число фаз в светофорном цикле. Фаза регулирования – это совокупность основного такта и следующего за ним переходного интервала. В основной такт (зелёный сигнал светофора) даётся разрешение на проезд перекрёстка группе АТС, не конфликтующих между собой.

3. Управление перекрестком по графу светофорного регулирования

Общее уравнение продолжительности цикла регулирования имеет вид[3]:

$$C = t_{z1} + t_{np1} + t_{z2} + t_{np2} + \dots, \text{ с.} \quad (1)$$

где t_z – продолжительность горения зеленого сигнала, с;

t_{np} – продолжительность переходного интервала, с.

Сразу следует заметить, что продолжительность переходного интервала относится к разряду потерянного времени в цикле светофорного регулирования, поскольку только после него начинается следующая фаза разрешения на движение. Отсюда следует, что чем меньше фаз в светофорном цикле, тем лучше – меньше потери времени на СФО.

Рассчитаем число фаз регулирования для нашего случая:

$$n = N_{\text{пот}} / \phi(G) = 8 / 2 = 4, \quad (2)$$

где $N_{\text{пот}}$ – число транспортных потоков перед перекрестком или число вершин в графе светофорного регулирования.

Реализация четырехфазного цикла регулирования выполняется естественным образом: то есть по часовой стрелке на перекрестке (рис. 2). В каждой фазе пропускаются два потока бесконфликтных транспортных средств (т.к. $\phi(G) = 2$), относящихся к въезду на перекресток с одной улицы. Одна фаза активная, остальные три заблокированы (с них нет разрешения въезда на перекресток). Включение фаз идет по графу светофорного регулирования против часовой стрелки: (3, 4), (7, 8), (12, 11) и (16, 15).

СФО устроен так, что позволяет выдавать разрешение на движение любому потоку в отдельности, а следовательно, возможно организовать любые комбинации движения этих потоков. Разумеется, комбинации из бесконфликтных потоков. Например, вместо (3,4) возможна комбинация (3,8), а также (3,11) (рис. 5).

Для удобства дальнейшего рассмотрения будем пользоваться переобозначенным графом светофорного регулирования (рис. 6). Рядом с вершинами графа стоят переменные x_j , $j = 1, 8, l = 1, 2, 3, \dots$, которые показывают число АТС на j -полосе в i -ом светофорном цикле.

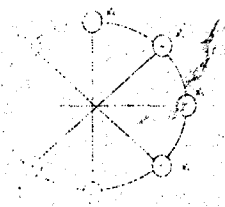


Рисунок 6 – Переобозначенный граф светофорного регулирования

Множество $X_i = \{x_1, x_2, \dots, x_8\}$ есть совокупность транспортных потоков, расположенных на отведенной каждому из них дорожной полосе в i -ом цикле светофорного регулирования. При отсутствии затора в i -ом светофорном цикле (состоящем из 4-х фаз) все эти АТС под управлением СФО должны покинуть перекресток. В $(i+1)$ – светофорном цикле значения переменных x_j будут другими, т.к. АТС прибывают к перекрестку случайным образом, и переменная x_j для каждой полосы дороги является случайной величиной.

Определим условия движения АТС через перекресток без затора. Для этого необходимо, чтобы для каждой светофорной фазы i -го светофорного цикла выполнялось:

$$\frac{(L+d) \cdot \max(x_j, x_{j+1}) + D}{v} \leq t_{ik} \quad (3)$$

Здесь $k = \overline{1, n}$, где k – номер светофорной фазы; n – число фаз светофорного цикла; L – средняя длина АТС; d – расстояние между парой АТС; D – длина перекрестка; v – скорость движения АТС через перекресток.

Если в какой-то момент для одной из фаз, а фазе соответствуют две конкретные полосы движения, нарушается неравенство 3, то следовательно в отведенное время, равное ширине фазы t_{ik} , все АТС не могут пройти перекресток. Тогда эта фаза может быть продлена за счёт следующей за ней и т.д.

Запишем условие наступления затора:

$$\sum_{j=1,2,3,7} \frac{(L+d) \max(x_j, x_{j+1}) + D}{v} > C - n \cdot t_{np} \quad (4)$$

где t_{np} – продолжительность переходного интервала при смене фаз.

Затор наступает когда на светофорный объект поступает слишком большое количество АТС. СФО не успевает их пропустить, т.к. величина C – продолжительность светофорного цикла ограничена и постоянна. Если СФО находится в координированной сетке других СФО, то увеличивать длительность светофорного цикла C нельзя. Это нарушает синхронизацию пропуска АТС через систему СФО.

Как только система «светофорный объект» идентифицирует наступление затора, сразу управление формированием потоков (комбинация потоков) переходит в режим свободного формирования таких пар, чтобы быстрее устранить затор. Возможность такая имеется. Если в режиме беззаторовой работы постоянно функционировала пара (1,2), то 1 еще можно комбинировать с 5 и 8 (рис. 6).

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дрю, Д. Теория транспортных потоков и управления ими; пер. с англ. – М.: Транспорт, 1972. – 423 с.
2. Харари, Ф. Теория графов. – Москва: Мир, 1973, – 34с.
3. Кременец, Ю.А. Технические средства регулирования дорожного движения. / Ю.А. Кременец, М.П. Печерский. – Москва: Транспорт, 1981. – 92с.

УДК 004.514.

Власенко С.Н., Латий О.О.

Научный руководитель: Хведчук В.И.

ОПЕРАЦИИ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОНИКИ

Одним из элементов проектирования интегральных схем является анализ физических процессов, происходящих в полупроводниковых структурах. Причем имеют место размеры активных областей менее 0,5 мкм и многомерная природа переноса заряда.

Многие процессы переноса энергии, массы, импульса, заряда и т.д. описываются системами нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных. Так, для физики полупроводников базовыми являются уравнения Максвелла:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, & \operatorname{rot} \vec{H} &= -\frac{\partial \vec{D}_{II}}{\partial t} + \vec{J}_{\text{пров}}, \\ \operatorname{div} \vec{D}_{II} &= \rho, & \operatorname{div} \vec{B} &= 0, \\ \vec{B} &= \mu_n \vec{H}, & \vec{D} &= \varepsilon \vec{E}. \end{aligned}$$

где \vec{E} , \vec{D}_{II} – векторы напряженности электрического поля и индукции; \vec{H} , \vec{B} – векторы напряженности магнитного поля и индукции; ε , μ_n – диэлектрическая и магнитная проницаемости; $\vec{J}_{\text{пров}}$ – плотность тока проводимости, t – время.

Метод конечных элементов (МКЭ) является сеточным методом, предназначенным для решения задач микроуровня, для которого модель объекта задается системой дифференциальных уравнений в частных производных с заданными краевыми условиями [1].

МКЭ основывается на методе взвешенных невязок, суть которого заключается в следующем: подбирается функция, удовлетворяющая дифференциальным уравнениям и краевым условиям, но подбирается произвольно, поскольку такой подбор вряд ли возможен уже в двухмерном пространстве, а с использованием специальных методов.

Пусть состояние некоторой среды описывается следующим дифференциальным оператором, с заданным граничным условием:

$$LV + P = 0, \quad V(\Gamma) = V_r.$$

Здесь L – дифференциальный оператор (например, оператор Лапласа), V – фазовая переменная – неизвестная функция, которую следует найти, P – величина, независимая от V , $V(\Gamma) = V_r$ – граничное условие первого рода (Дирихле), то есть на границе задано

значение фазовой переменной. Решение задачи с граничными условиями Неймана рассматривается ниже с помощью функции, имеющей следующий вид:

$$V^* = F + \sum_{m=1}^M A_m N_m \quad (1)$$

Здесь V^* – приближенное решение, F – функция, удовлетворяющая граничными условиями, N_m – пробные функции, которые на границе области должны быть равны нулю, A_m – неизвестные коэффициенты, которые необходимо отыскать из условия наилучшего удовлетворения дифференциальному оператору, M – количество пробных функций.

Если подставить V^* в исходный дифференциальный оператор, то получим невязку, принимающую в различных точках области разное значение.

$$R = LV^* + P$$

Необходимо сформулировать условие, позволяющее минимизировать эту невязку по всей области. Одним из вариантов такого условия может быть следующее уравнение:

$$\int_S W_n R dS = 0$$

Здесь W_n – некоторые весовые функции, в зависимости от выбора которых различают варианты метода взвешенных невязок, S – область пространства, в которой ищется решение. При выборе в качестве весовых функций дельта-функций будем иметь метод, который получил название метод поточечной коллокации, для кусочно-постоянных функций – метод коллокаций по подобластям, но наиболее распространенным является метод Галеркина, в котором в качестве весовых функций выбираются пробные функции N . В этом случае, если количество пробных функций равно количеству весовых функций, после раскрытия определенных интегралов приходим к замкнутой системе алгебраических уравнений относительно коэффициента A .

$$KA + Q = 0,$$

где коэффициенты матрицы K и вектора Q вычисляются по формулам:

$$K_{ij} = \int_S W_i L N_j dS,$$

$$Q_i = \int_S W_i (LF + P) dS.$$

После нахождения коэффициентов A и подстановки их в (1), получаем решение исходной задачи.

Недостатки метода взвешенных невязок очевидны: поскольку решение ищется сразу по всей области, то количество пробных и весовых функций должно быть значительным для обеспечения приемлемой точности, но при этом возникают трудности при вычислении коэффициентов K_{ij} и Q_i , особенно при решении плоских и объемных задач, когда потребуется вычисление двойных и тройных интегралов по областям с криволинейными границами. Поэтому на практике этот метод не использовался, пока не был изобретен метод конечных элементов.

Идея метода заключается в следующем: в методе взвешенных невязок воспользоваться простыми пробными и весовыми функциями, но не во всей области S , а ее отдельных подобластях (конечных элементах), а точность решения задачи обеспечить использованием большого числа конечных элементов (КЭ); при этом КЭ могут быть простой формы и вычисление интегралов по ним не должно вызывать особых затруднений. Математически переход от метода взвешенных невязок к МКЭ осуществляется с ис-

пользованием специальных пробных функций, которые также называются глобальными базисными функциями, обладающих следующими свойствами:

- 1) в узле аппроксимации функции имеют значение равное единице;
- 2) отличны от нуля только в конечных элементах, содержащих этот узел аппроксимации, во всей остальной области равны нулю.

Далее рассматривается решение задач в одномерной области.

В результате на каждом конечном элементе действует строго определенное число ненулевых глобальных базисных функций (в данном примере две) и вместо вычисления интеграла по всей области можно вычислить интегралы по конечным элементам и сложить их. Процедура сложения получила название ансамблирование. Использование глобальных базисных функций приводит к тому, что процедура вычисления интегралов по конечным элементам становится достаточно простой и, поскольку в узлах аппроксимации $N_m = 1$, коэффициенты A приобретают физический смысл, они становятся равными значению фазовой переменной в узлах. В аппроксимации (1) теперь можно отказаться от использования функции F , поскольку удовлетворить граничные условия можно естественным образом, задавая значения V в узлах, расположенных на границе.

В пределах конечного элемента, при условии, что он включен между i -м и j -м узлами, аппроксимацию решения можно определить с помощью глобальных базисных функций следующим образом:

$$V = \left(1 - \frac{X}{L}\right) V_i + \frac{X}{L} V_j = N_c V.$$

Здесь X – текущая координата, отсчитываемая от начала конечного элемента, L – его длина, V_i и V_j – значения фазовых переменных в узлах конечного элемента. Компоненты вектора N_c получили название функций формы конечного элемента. Функции формы можно получить и из других соображений. Зададимся полиномом, аппроксимирующим решение внутри конечного элемента, например:

$$V = A_0 + A_1 \cdot X$$

при $X = 0$ $V_i = A_0$, при $X = L$ $V_j = A_0 + A_1 \cdot L$,

Находим коэффициенты A_0 и A_1 и подставляем их в аппроксимацию:

$$V = V_i + (V_j - V_i) \frac{X}{L} = \left(1 - \frac{X}{L}\right) V_i + \frac{X}{L} V_j$$

Таким же образом можно получить функции формы для квадратичной, кубической и других аппроксимаций. Соответственно аппроксимации называются и функции формы и конечных элементов – квадратичный, кубический и т.д.

На базе описанной модели реализованы одномерная и двумерная версия расчета в математической системе Mathcad. Проведен расчет по МКЭ на примере теплового режима кремниевой пластины.

Реализованные операции МКЭ могут быть использованы для разработки инструментария построения моделей расчета переходных процессов, позволяющих анализировать функционально-интегрированные элементы БИС и СБИС[2].

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике. – М: Мир, 1975.
2. Петров, М.Н. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем. / М.Н. Петров, Г.В. Гудков. – СПб: Издательство «Лань», 2011.

ПРОЕКТ СИСТЕМЫ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ

При обучении методам разработки программного обеспечения (ПО) традиционно акцент в обучении делается на аспектах проектирования самих программ, т.е. их алгоритмизации, а также на аспектах кодирования, программирования на соответствующем языке, испытаниях программ, их тестировании, документировании.

Указанное, как правило, приводит к отсутствию должной проработки и спецификации целей проектирования, задач автоматизации, требований к ПО, включая спецификацию архитектуры ПО. Соответственно проектирование, обучение проектированию ведется без должного контроля спецификаций в особенности модульной архитектуры, сценариев, потоков событий. Это же приводит к отсутствию макетирования и тестирования проекта на уровне спецификаций архитектуры, модулей, спецификаций сценариев использования, интерфейсов и т.д.

Анализ средств обучения проектированию показывает, что указанные задачи и этапы обучения проектированию слабо поддерживаются системами обучения, обучение зачастую реализуется прямо в средах программирования или средствами систем автоматизации проектирования (САПР), что создает определенные методические, технологические трудности. Во многих случаях оценка корректности проектных решений, соответствующих спецификаций производится вручную [1, 2]. Это делает значимым проработку проекта системы, обеспечивающей контроль и обучение проектированию ПО на верхнем уровне.

Здесь рассматриваются требования и подход к построению системы, разработке средств, автоматизирующих обучение проектированию ПО в рамках процедурной парадигмы. Соответственно предполагается информационно-программная поддержка обучения: построению спецификаций проекта, приложения, включая спецификацию задач, требований, сценариев, потоков событий, интерфейсов, данных и т.д.; спецификации модулей, конструирования и спецификация модульной архитектуры проекта, приложения; прототипированию проекта, приложения на уровне пользовательских интерфейсов и реализуемых сценариев использования; построению каркасов проекта, приложения, макетированию прототипов; тестированию проектов, приложений на уровне спецификаций, модулей, интерфейсов, межмодульного взаимодействия и т.д.

Такая система с акцентом на проработку сценариев решаемых задач, пользовательских интерфейсов должна строиться на принципе прототипирования проекта, приложения (по аналогии с системами программирования, САПР) [3, 4] с применением инструментов структурной разработки: принципов модульного проектирования; нисходящего проектирования и пошаговой детализации архитектуры проекта. Система должна обеспечивать создание, редактирование, визуализацию проектных решений, соответствующих спецификаций, их исполнимость, контролируемость, тестируемость.

Прототипирование предусматривает работу с данными, задачами, модулями, документами и спецификацию [5]: требований, функций, задач, подзадач в терминах данных, документов, действий и видов деятельности (используются диаграммы прецедентов UML, потоков данных и др.); описание данных, структур и потоков данных (в терминах диаграмм DFD, UML, схем данных ГОСТ 19701 и др.); спецификацию прецедентов, сценариев работы (диаграммы прецедентов, обобщенные алгоритмы, схемы программ ГОСТ 19701 и др.); спецификацию модульной архитектуры, схем иерархии модулей в

терминах данных, задач, подзадач; описание интерфейсов с акцентом на обработку общего управления (диаграммы объектов, автоматов, робастности и др.); описание шаблонов модулей, "заглушек", каркасов проекта (консольных приложений с упрощенным меню, оконных приложений с меню, оконных приложений с полноценным графическим интерфейсом и др.) и т.д.

Система должна включать: в части программного обеспечения средства прототипирования, средства управления базой данных, сервисные средства; в части лингвистического обеспечения средства спецификации проекта, языковые средства проектирования модульной архитектуры, отработки сценариев; в части информационного обеспечения базу данных проектных решений (спецификаций), тестовых данных и т.д.

"Ядро" средств прототипирования должно обеспечивать разработку и редактирование спецификаций требований, модулей, схем иерархии модулей, сценариев, интерфейсов, генерацию исполнимых шаблонов модулей, каркасов проекта, ЯВУ-кодов спецификаций модулей, тестирование прототипов, хранение, документирование и визуализацию результатов проектирования.

Перечисленное обеспечивает автоматизацию обучения разработке программ на единой информационной, технологической основе в современных технологиях проектирования, начиная с этапа прототипирования.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 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.
2. Липаев, В.В. Программная инженерия. Методологические основы: учеб. / В.В. Липаев; гос. ун-т – Высшая школа экономики. – М: ТЕИС, 2006. – 608 с.
3. Орлов, С.А. Технологии разработки программного обеспечения. – СПб.: Питер, 2004. – 527 с.
4. Лисков, Б. Использование абстракций и спецификаций при разработке программ / Б. Лисков, Дж. Гатгг. – М.: Мир, 1989. – 424 с.

УДК 004.8

Давидюк Ю.И.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Савицкий Ю.В

ОСОБЕННОСТИ ПОДХОДОВ К АНАЛИЗУ СИГНАЛОВ ЭКГ

На сегодняшний день существует много примеров использования нейросетевых технологий для медицинских прогнозов. Следует отметить, что нейросетевое направление является в настоящее время наиболее приоритетным в области работ, проводимых по искусственному интеллекту. Искусственные нейронные сети (НС) олицетворяют собой новую технологию обработки информации, связанную с переходом на принципиально новый нейросетевой базис. Высокая актуальность данного направления объясняется всё возрастающей потребностью в наличии эффективных средств для решения сложных нетривиальных задач в плохо формализуемых областях обработки информации.

Целью данной работы является рассмотрение особенностей применения нейронных сетей в автоматизированном определении патологических изменений электрической активности сердца по ЭКГ и электрической активности мозга по ЭЭГ.

Электрокардиограмма (ЭКГ) – это графическое представление разности потенциалов, возникающей во время работы сердца на поверхности тела, регистрируемой аппаратом под названием электрокардиограф в процессе электрокардиографии (рис. 1).

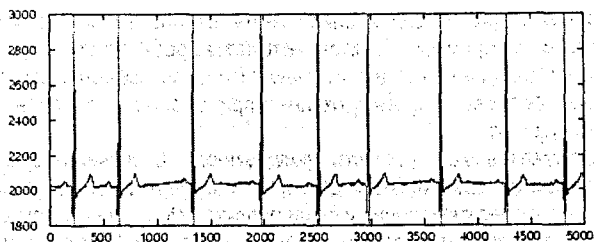


Рисунок 1 – Типичный вид электрокардиограммы

Измерение электрических импульсов сердца по ЭКГ является основным методом для выявления нарушений сердечной деятельности. Получение более глубокого представления о динамике поведения сердечбиения будет иметь значимое применения в кардиологии, особенно если аномальное сердцбиение может быть охарактеризовано как хаотическое или детерминированное.

Обычно на электрокардиограмме можно выделить пять зубцов: P, Q, R, S, T (рис. 2). В редких случаях удается увидеть малозаметную волну U. Формирование соответствующих зубцов обусловлено распространением возбуждения в сердце и отражает этот процесс. Интервалы времени между последовательными зубцами P или R характеризуют длительность одного сердечного цикла.

Как можно заметить, сигнал ЭКГ имеет некоторую периодичность, если же каждый цикл сердцбиения последовательно наложить, то можно удостовериться в том, что сигнал ЭКГ имеет псевдопериодичный характер (рис. 3) [1].

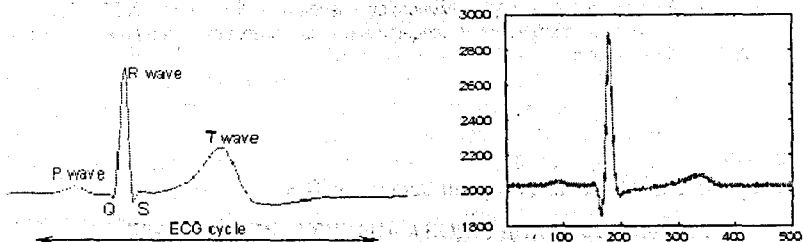


Рисунок 2 – Зубцы P, Q, R, S, T на ЭКГ. Рисунок 3 – Наложение последовательных циклов ЭКГ

Использование данных ЭКГ в качестве временных рядов дает возможность применить в анализе сигнала сердечной активности методы теории хаоса. Ранние исследования показали то, что аномальное поведение сигнала имеет детерминированный (хаотический) характер, например, ЭКГ, отображающее активность сердца при желудочковой тахикардии.

Ещё одним из важных показателей состояния здоровья человека является ЭЭГ головного мозга. Характер ЭЭГ определяется функциональным состоянием нервной ткани, а также протекающими в ней обменными процессами. Нарушение кровоснабжения приводит к подавлению биоэлектрической активности коры больших полушарий. Важной особенностью ЭЭГ является ее спонтанный характер и автономность. В электроэнцефалографии различают четыре основных диапазона: альфа-, бета-, гамма- и тета-волны (рис. 4).

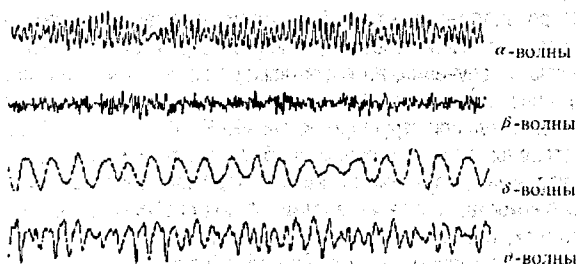


Рисунок 4 – Волновые процессы ЭЭГ

Один из нейросетевых методов обнаружения аномалий в биомедицинских сигналах основан на теории хаоса. Хаос в динамике означает чувствительность динамической эволюции к изменениям начальных условий.

Старший показатель Ляпунова характеризует степень экспоненциального расхождения близких траекторий. Наличие у системы положительной экспоненты Ляпунова свидетельствует о том, что любые две близкие траектории быстро расходятся с течением времени, то есть имеет место чувствительность к значениям начальных условий.

Результаты исследований ЭКГ и ЭЭГ по одному алгоритму приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследований ЭКГ и ЭЭГ

Вид сигнала	Аномальный сигнал			Нормальный сигнал		
	L_{\min}	L_{\max}	L_{cp}	L_{\min}	L_{\max}	L_{cp}
ЭЭГ	-1,1907	0,6556	-0,0362	0,0154	1,6701	1,0730
ЭКГ	0,0230	0,8121	0,1429	-0,2879	0,3358	0,1271

Если рассматривать ЭЭГ, в которой зарегистрированы признаки эпилептической активности, то при расчёте старшего показателя Ляпунова мы получим сегменты с отрицательным значением, что и является признаком эпилептической активности. Если же рассматривать ЭКГ, то мы получим на аномальных сегментах положительный старший показатель Ляпунова.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Matjaž Perc. Nonlinear time series analysis of the human electrocardiogram. Slovenia, 2005. – P. 758-761.

УДК 539.43.

Демиденко П.В.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Мир современного человека почти до предела насыщен различной бытовой электротехникой. Свой вклад в экологическую обстановку вносит и сотовая радиотелефония, которая является одной из наиболее бурно развивающихся коммуникационных систем. Среди ученых отсутствует единое мнение о степени влияния электромагнитного излучения приемно-передающих устройств сотовой связи на организм человека. Результаты исследований, проведенных в разных странах на разнообразных биологических объектах (в том числе и на добровольцах), неоднозначны, а зачастую и противоречат друг другу.

С одной стороны, утверждается, что внутренние органы человека (как и других живых организмов) изменяют свои природные параметры функционирования под воздействием электромагнитного излучения, но после выхода из опасной зоны защитные механизмы здорового организма в состоянии частично или полностью устранить образовавшиеся изменения в молекулярной структуре организма [1–3].

С другой стороны, при длительном пребывании людей в зонах с повышенной интенсивностью различных излучений возникают недомогания со следующими симптомами: быстрая утомляемость; состояние апатии; общая слабость; головные боли; ослабление внимания, памяти; нарушение логики мышления и речи; нервные и психические расстройства; нарушение функционирования ослабленных органов, переходящее в постоянное болезненное состояние [4–6].

Человеческий организм в основном состоит из биологических жидкостей, которые содержат большое количество ионов и участвуют в разнообразных обменных процессах. Под воздействием резонансных энергий, молекула воды изменяет свой угол межатомной связи, и это приводит к некоторой деформации структуры сцепления молекул в растворе и уменьшает величину водородной связи. Это изменение водородных связей способствует отдаче большей энергии в окружающее пространство [7, С. 346–357]. В соответствии с электрохимической моделью метаболизма в клетке на уровне митохондрий электроны из производящей энергию электронно-транспортной цепи принимает кислород [8]. В результате химических реакций, происходящих в митохондриях, организм привлекает максимальное количество энергии [9].

Широкое использование электромагнитного поля привело к тому, что естественные магнитные поля дополнились различными искусственными полями и излучениями. Это обстоятельство определяет актуальность исследования проблемы взаимодействия человеческого организма электромагнитными излучениями, которые обладают не только саногенным, но и патогенным эффектом, приводя к изменениям биопотенциалов от внутриклеточного до организменного уровня [10, 11].

Взаимодействие внешних электромагнитных полей с биологическими объектами осуществляется путем индукционного взаимодействия внутренних электромагнитных полей (ЭМП) и электрических токов, величина и распределение которых в теле человека и животных зависит от целого ряда параметров, таких как размер, форма, анатомическое строение тела, электрические и магнитные свойства тканей (электрическая/магнитная проницаемость и электрическая/магнитная проводимость), а также от характеристик электромагнитного поля (частота, интенсивность и др.). Поглощение и распределение поглощенной энергии внутри тела существенно зависит от формы и размеров облучаемого объекта, от соотношения этих размеров с длиной волны излучения. С этих позиций в спектре электромагнитного излучения радиочастот можно выделить три области: 1) ЭМП с частотой до 30 МГц, 2) ЭМП с частотой от 30 МГц до 10 ГГц и 3) более 10 ГГц. Для первой области характерно быстрое падение величины поглощения энергии с уменьшением частоты (приблизительно пропорционально квадрату частоты). Отличительной особенностью второй области является очень быстрое затухание энергии электромагнитного излучения при проникновении излучения внутрь ткани: практически вся энергия поглощается в поверхностных слоях биологических структур. Для третьей области характерно наличие ряда максимумов поглощения. В этом случае резко проявляются интерференционные явления, приводящие к возникновению локальных максимумов поглощения, так называемых "горячих пятен". Для человека условия возникновения локальных максимумов поглощения в голове имеют место на частотах 750–2500 МГц

а максимум, обусловленный резонансом с общим размером тела, лежит в диапазоне частот 50-300 МГц [12]. Поэтому происходит изменение конформации биологически активных молекул, которое приводит их в состояние функциональной неактивности, что является своеобразной фазой «предболезни» [13].

Наиболее часто и сильно воздействию электромагнитного излучения при разговоре по мобильному телефону человек подвергает клетки собственного головного мозга. Мозг посылает электрические сигналы всему организму и большинство процессов в нем происходят за счет образования виртуальных электронных контуров. Поднося к голове источник излучения, человек начинает оказывать влияние на режим передачи сигналов внутри его организма. Это может привести к изменениям в деятельности головного мозга. Так, по данным исследователей, ухудшается память, ослабляется внимание, повышается раздражительность и утомляемость [14, С. 9]. Тем более, что допороговая (до появления субъективных ощущений) реакция сердечно-сосудистой системы в виде изменения структуры сердечного ритма при воздействии слабых электрических и магнитных импульсов на кожу обследуемого лица при проведении функциональной пробы на электромагнитную чувствительность является твердо установленной в работах Ю.Н. Таскаева [15].

При изучении влияния переменного электрического тока различной интенсивности установлено, что при увеличении его частоты повышается порог чувствительности к току, а при повышении его интенсивности уменьшается латентный период сенсомоторных реакций [16-17].

На основании материала, изложенного выше, с целью уменьшения ослабляющего воздействия электромагнитного излучения от аппаратов сотовой связи на организм человека предлагается соблюдать следующие рекомендации:

1) не подносите телефон к голове в момент установления соединения. В это время GSM-телефоны обычно работают на большей мощности, чем во время самого разговора. Чтобы вообще не приближать аппарат мобильной связи к голове, рекомендуется пользоваться так называемой гарнитурой «hands-free»;

2) не разговаривайте без крайней надобности по сотовому телефону в автомобиле. Металлический корпус легкового автомобиля значительно ухудшает условия для передачи сигнала от телефона к базовой станции, поэтому мощность излучения автоматически возрастает. Используйте в автомобиле сотовый телефон с внешней антенной, которую лучше всего располагать в геометрическом центре крыши;

3) держать телефон при разговоре следует так, чтобы не заслонять антенну рукой. В телефоне со встроенной антенной, не следует касаться рукой верхней части корпуса;

4) при разговоре в помещении (кроме крупных торговых центров, вокзалов и т.д., где операторы связи могут устанавливать локальные базовые станции), следует по возможности подходить к окну;

5) не оставляйте сотовый телефон рядом во время сна или отдыха. Минимально допустимое расстояние: 1–1,5 метра;

6) не носите телефон в кармане – держите телефон в сумке, подальше от тела;

7) если есть возможность, то лучше звонить по городскому телефону, а не по мобильному.

Таким образом, обменные процессы в человеческом организме обладают индивидуальными частотными характеристиками. При нарушении ситуации оптимальной сбалансированности физико-химических процессов на клеточном уровне, в организме человека возникают условия для развития состояний, ведущих к болезни. Все зависит от интенсивности и времени облучения. Поэтому с экологической точки зрения необходимо признать, что исследование электромагнитной чувствительности человека следует продолжить.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хорсева, Н.И. Мониторинг психофизиологических показателей детей – пользователей мобильной связью / Н.И. Хорсева, П.П. Григал, Н.В. Горбунова // Тезисы V Международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине». – СПб, 29 июня – 3 июля 2009. – С. 180.
2. Лебедева, Н.Н. Динамика ритмической активности коры головного мозга человека при воздействии электромагнитного поля мобильного телефона / Н.Н. Лебедева, Л.А. Потупова, Р.А. Марагел // Биомед. радиоэлектроника. – 2010. – № 10. – С. 3–10.
3. Будянская, Э.Н. О преждевременных возрастных изменениях со стороны основных гомеостатических систем организма пользователей видеодисплейных терминалов (ВДТ) // Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине: тез. Междунар. конгр. – СПб., 1997. – С. 219.
4. Вишневецкий, А.М. Магнитные поля, воздействующие на человека в условиях метро / А.М. Вишневецкий, А.Б. Разлётов, Е.А. Свядоц, Т.В. Соколов // 1-й Международный конгресс: Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине. – 1997. – С. 223.
5. Горшенина, Т.И. О гипоксическом влиянии слабых ПМП на живые организмы / Т.И. Горшенина, Л.Ф. Казимова, А.Э. Фрумкис, В.И. Садовникова // В кн.: Живые системы в электромагнитных полях. Вып. 2. – Томск, 1979. – С. 3-6.
6. Информационный канал // Экология вашего дома и офиса [Электрон. ресурс]. – 1997-2011. – Режим доступа: <http://subscribe.ru/archive/home.help/ionization/200601/17121142.html>. – Дата доступа: 02.02.2012.
7. Вестерхофф, Х. Термодинамика и регуляция превращений свободной энергии в биосистемах; пер. с англ. / Х. Вестерхофф, К. ван Дам // – М.: Мир, 1992. – 686 с.
8. Оше, А.И. Электрохимическая модель метаболизма / А.И. Оше, К.Ч. Урусов // Электромагнитные поля в биосфере. – Тула: Изд-во Тульск. гос. ун-та, 1989. – Т. 2. – С. 133–144.
9. Узденский, А.Б. Реализация в клетках резонансных механизмов биологического действия сверхнизкочастотных магнитных полей // Электромагнитные поля и здоровье человека: матер. II Междунар. конф. – М., 1999. – С. 43.
10. Пресман, А.С. Электромагнитные поля и живая природа. – М.: Наука, 1968. – 288 с.
11. Богданов, В.П. Инструментальное и биофизическое экспериментальное исследование воздействия на живой организм электромагнитного излучения частотой 1000 МГц, адекватного техногенным полям / В.П. Богданов, Т.И. Субботина, А.А. Яшин // Вестн. новых мед. технологий. – 2000. – Т. VII, № 3-4. – С. 57–60.
12. Физические факторы. Эколого-гигиеническая оценка и контроль. – М.: Медицина, 1999. – 325 с.
13. Скрипнюк, З.Д. Этиология, патогенез и информотерапия конформационных гомотоксикозов / З.Д. Скрипнюк, В.Я. Левых, Е.И. Мысюк // Информ. та негентроп. терапія. – 2001. – № 1. – С. 136–137.
14. Малахов, Г.П. Электромагнитное излучение и ваше здоровье / Г.П. Малахов. – СПб.: Невский проспект, 2003. – 128 с.
15. Таскаев, Ю. Н. Биоконтроль экстремальных факторов в электроэнергетике; автореф. дис. на соиск. учен. степ. д.б.н.: Спец. 03.00.16: Спец. 03.00.13 / Таскаев Юрий Николаевич / Сиб. НИИ энергетики РАО ЕЭС. – Новосибирск: 2001. – 38 с.
16. Горго, Ю.П. Латентний період сенсорної реакції та поріг чутливості до змінного електричного струму при різних характеристиках подразників / Ю.П. Горго, В.Б. Богданов // Информ. та негентроп. терапія. – 2001. – №1. – С. 35–36.
17. Скрипнюк, З.Д. Сучасний стан і перспективи розвитку информотерапії // Информ. та негентроп. терапія. – 1997. – № 1. – С. 31.

УДК 517.8

Зеневич Е.А., Фомина Н.В.

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

МОМЕНТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ

В настоящей работе рассматриваются связи между начальными, центральными и факториальными моментами случайных величин, способы вычисления одних моментов, используя другие, и вычисление моментов случайных величин, используя числа Стирлинга первого и второго рода.

Моментом n -ого порядка ($n = 0, 1, 2, \dots$) случайной величины X относительно числа a называется математическое ожидание $M((X - a)^n)$.

Начальным моментом n -ого порядка ($n = 0, 1, 2, \dots$) случайной величины X (относительно числа $a = 0$) называется $\alpha_n = M(X^n)$. Заметим, что $\alpha_0 = 1$, $\alpha_1 = M(X)$.

Центральным моментом n -ого порядка случайной величины X (относительно центра распределения, т. е. числа $a = M(X)$) называется $\mu_n = M((X - M(X))^n)$. Очевидно, что $\mu_0 = 1$, $\mu_1 = 0$, $\mu_2 = D(X)$.

Факториальным моментом n -ого порядка ($n = 0, 1, 2, \dots$) случайной величины X относительно числа a называется математическое ожидание $M((X - a)(X - a - 1)\dots(X - a - n + 1))$.

Начальным факториальным моментом n -ого порядка ($n = 0, 1, 2, \dots$) случайной величины X (относительно числа $a = 0$) называется $\alpha_{[n]} = M(X^{[n]}) = M(X(X - 1)\dots(X - n + 1))$. Заметим, что $\alpha_{[0]} = 1$, $\alpha_{[1]} = M(X)$.

Центральным факториальным моментом n -ого порядка ($n = 0, 1, 2, \dots$) случайной величины X (относительно центра распределения, т. е. числа $a = M(X)$) называется

$$\mu_{[n]} = M((X - M(X))^{[n]}) = M((X - M(X))(X - M(X) - 1)\dots(X - M(X) - n + 1)).$$

Заметим, 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

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

$$\text{Так, например, } \mu_2 = \sum_{m=0}^2 (-1)^m C_2^m \alpha_{2-m} \alpha_1^m = C_2^0 \alpha_2 \alpha_1^0 - C_2^1 \alpha_1 \alpha_1^1 + C_2^2 \alpha_0 \alpha_1^2 = \alpha_2 - \alpha_1^2,$$

$$\mu_3 = \sum_{m=0}^3 (-1)^m C_3^m \alpha_{3-m} \alpha_1^m = C_3^0 \alpha_3 \alpha_1^0 - C_3^1 \alpha_2 \alpha_1^1 + C_3^2 \alpha_1 \alpha_1^2 - C_3^3 \alpha_0 \alpha_1^3 = \alpha_3 - 3\alpha_2 \alpha_1 + 2\alpha_1^3.$$

Начальные моменты n -ого порядка случайной величины X связаны с ее центральными моментами соотношением

$$\begin{aligned} \alpha_n &= M(X^n) = M((X - M(X) + \alpha_1)^n) = M\left(\sum_{m=0}^n C_n^m (X - M(X))^{n-m} \alpha_1^m\right) = \\ &= \sum_{m=0}^n M(C_n^m (X - M(X))^{n-m} \alpha_1^m) = \sum_{m=0}^n C_n^m M((X - M(X))^{n-m}) \alpha_1^m = \sum_{m=0}^n C_n^m \mu_{n-m} \alpha_1^m. \end{aligned}$$

$$\text{Так, например, } \alpha_2 = \sum_{m=0}^2 C_2^m \mu_{2-m} \alpha_1^m = C_2^0 \mu_2 \alpha_1^0 + C_2^1 \mu_1 \alpha_1^1 + C_2^2 \mu_0 \alpha_1^2 = \mu_2 + \alpha_1^2,$$

$$\alpha_3 = \sum_{m=0}^3 C_3^m \mu_{3-m} \alpha_1^m = C_3^0 \mu_3 \alpha_1^0 + C_3^1 \mu_2 \alpha_1^1 + C_3^2 \mu_1 \alpha_1^2 + C_3^3 \mu_0 \alpha_1^3 = \mu_3 + 3\mu_2 \alpha_1 + \alpha_1^3.$$

Для установления связи между факториальными моментами и моментами случайной величины рассмотрим следующие определения и соотношения.

Выражение $k^{[n]} = k(k-1)\dots(k-n+1) = S_0^{(n)}k^n + S_1^{(n)}k^{n-1} + \dots + S_{n-1}^{(n)}k = \sum_{m=1}^n S_{n-m}^{(n)}k^m$

называется факториальным многочленом степени n . Коэффициенты $S_i^{(n)}$ называются числами Стирлинга первого рода и могут быть получены с помощью рекуррентной формулы

$$S_i^{(n)} = S_i^{(n-1)} - (n-1)S_{i-1}^{(n-1)}.$$

Действительно, $k^{[1]} = S_0^{(1)}k$ и $S_0^{(1)} = 1$;

$$k^{[2]} = k(k-1) = k^2 - k = S_0^{(2)}k^2 + S_1^{(2)}k \text{ и } S_0^{(2)} = 1, S_1^{(2)} = -1;$$

$$k^{[3]} = k(k-1)(k-2) = k^3 - 3k^2 + 2k = S_0^{(3)}k^3 + S_1^{(3)}k^2 + S_2^{(3)}k \text{ и}$$

$$S_0^{(3)} = 1, S_1^{(3)} = -3, S_2^{(3)} = 2.$$

Докажем рекуррентную формулу для чисел Стирлинга первого рода.

$$\begin{aligned} k^{[n]} &= k(k-1)\dots(k-n+2)(k-n+1) = k^{[n-1]}(k-n+1) = \sum_{m=1}^{n-1} S_{n-1-m}^{(n-1)}k^m(k-n+1) = \\ &= \sum_{m=1}^{n-1} S_{n-1-m}^{(n-1)}k^{m+1} - (n-1)\sum_{m=1}^{n-1} S_{n-1-m}^{(n-1)}k^m. \end{aligned}$$

В первой сумме полученной формулы введем замену $m+1 = m$, тогда формула примет вид:

$$\begin{aligned} \sum_{m=2}^n S_{n-m}^{(n-1)}k^m - (n-1)\sum_{m=1}^{n-1} S_{n-1-m}^{(n-1)}k^m &= S_0^{(n-1)}k^n + \sum_{m=2}^{n-1} S_{n-m}^{(n-1)}k^m - (n-1)\sum_{m=2}^{n-1} S_{n-1-m}^{(n-1)}k^m - \\ - (n-1)S_{n-2}^{(n-1)}k^1 &= S_0^{(n-1)}k^n + \sum_{m=2}^{n-1} (S_{n-m}^{(n-1)} - (n-1)S_{n-1-m}^{(n-1)})k^m - (n-1)S_{n-2}^{(n-1)}k^1 = \\ &= S_0^{(n-1)}k^n + \sum_{m=2}^{n-1} (S_{n-m}^{(n-1)} - (n-1)S_{n-1-m}^{(n-1)})k^m - (n-1)S_{n-2}^{(n-1)}k^1 \text{ и, т.к. } k^{[n]} = \sum_{m=1}^n S_{n-m}^{(n)}k^m, \end{aligned}$$

то имеют место формулы

$$S_0^{(n)} = S_0^{(n-1)}, S_{n-m}^{(n)} = S_{n-m}^{(n-1)} - (n-1)S_{n-1-m}^{(n-1)}, S_{n-1}^{(n)} = -(n-1)S_{n-2}^{(n-1)}.$$

Введя замену $i = n - m$, получим $S_i^{(n)} = S_i^{(n-1)} - (n-1)S_{i-1}^{(n-1)}$, полагая $S_i^{(n)} = 0$, если $i < 0$ или $i > n - 1$.

Так, например, если $n = 3$, имеем:

$$S_i^{(3)} = S_i^{(2)} - 2S_{i-1}^{(2)}; S_0^{(3)} = S_0^{(2)} - 2S_{-1}^{(2)} = S_0^{(2)} - 2 \cdot 0 = 1;$$

$$S_1^{(3)} = S_1^{(2)} - 2S_0^{(2)} = -1 - 2 \cdot 1 = -3;$$

$$S_2^{(3)} = S_2^{(2)} - 2S_1^{(2)} = 0 - 2S_1^{(2)} = -2 \cdot (-1) = 2,$$

и, следовательно, факториальный многочлен степени $n = 3$ равен

$$k^{[3]} = k(k-1)(k-2) = \sum_{m=1}^3 S_{3-m}^{(3)}k^m = S_0^{(3)}k^3 + S_1^{(3)}k^2 + S_2^{(3)}k^1 = k^3 - 3k^2 + 2k.$$

Некоторые значения $S_i^{(n)}$ внесем в таблицу:

n	$S_0^{(n)}$	$S_1^{(n)}$	$S_2^{(n)}$	$S_3^{(n)}$	$S_4^{(n)}$	$S_5^{(n)}$...
1	1						
2	1	-1					
3	1	-3	2				
4	1	-6	11	-6			

n	$S_0^{(n)}$	$S_1^{(n)}$	$S_2^{(n)}$	$S_3^{(n)}$	$S_4^{(n)}$	$S_5^{(n)}$...
5	1	-10	35	-50	24		
6	1	-15	85	-225	274	-120	
...

Начальные факториальные моменты n -ого порядка случайной величины X связаны с ее начальными моментами соотношением

$$\epsilon_{[n]} = M(X^{[n]}) = M(X(X-1)\dots(X-n+1)) = \sum_{m=1}^n M(S_{n-m}^{(n)} X^m) = \sum_{m=1}^n S_{n-m}^{(n)} \epsilon_m,$$

где $S_i^{(n)}$ – числа Стирлинга первого рода.

Центральные факториальные моменты n -ого порядка случайной величины X связаны с ее центральными моментами соотношением, которое легко получить из соответствующего соотношения для начальных моментов, полагая $X = X - M(X)$

$$\mu_{[n]} = \sum_{m=1}^n S_{n-m}^{(n)} \mu_m = S_{n-1}^{(n)} \mu_1 + \sum_{m=2}^n S_{n-m}^{(n)} \mu_m = \sum_{m=2}^n S_{n-m}^{(n)} \mu_m,$$

где $S_i^{(n)}$ – числа Стирлинга первого рода, так как $\mu_1 = 0$.

Так, например, $\mu_{[2]} = \mu_2$; $\mu_{[3]} = \mu_3 - 3\mu_2$; $\mu_{[4]} = \mu_4 - 6\mu_3 + 11\mu_2$.

Для установления связи между моментами и факториальными моментами случайной величины рассмотрим следующие соотношения.

Заметим, что имеет место соотношение

$$k^n = a_0^{(n)} k^{[n]} + a_1^{(n)} k^{[n-1]} + \dots + a_{n-1}^{(n)} k^{[1]} = \sum_{m=1}^n a_{n-m}^{(n)} k^{[m]} = \sum_{m=1}^n a_{n-m}^{(n)} \prod_{j=0}^{m-1} (k-j).$$

Коэффициенты $a_i^{(n)}$ называются *числами Стирлинга второго рода* и могут быть получены с помощью рекуррентной формулы $a_i^{(n)} = a_i^{(n-1)} + (n-i)a_{i-1}^{(n-1)}$.

Очевидно, что

$$k^1 = a_0^{(1)} k^{[1]} = k \text{ и } a_0^{(1)} = 1; k^2 = a_0^{(2)} k^{[2]} + a_1^{(2)} k^{[1]} = k(k-1) + k \text{ и } a_0^{(2)} = 1, a_1^{(2)} = 1.$$

Докажем рекуррентную формулу для чисел $a_i^{(n)}$.

$$\begin{aligned} k^n &= k \cdot k^{n-1} = k \sum_{m=1}^{n-1} a_{n-1-m}^{(n-1)} k^{[m]} + \sum_{m=1}^{n-1} a_{n-1-m}^{(n-1)} k^{[m]} (k-m+m) = \\ &= \sum_{m=1}^{n-1} a_{n-1-m}^{(n-1)} k^{[m]} (k-m) + \sum_{m=1}^{n-1} m a_{n-1-m}^{(n-1)} k^{[m]} = \sum_{m=1}^{n-1} a_{n-1-m}^{(n-1)} k^{[m+1]} + \sum_{m=1}^{n-1} m a_{n-1-m}^{(n-1)} k^{[m]}. \end{aligned}$$

В первой сумме полученной формулы введем замену $m+1 = m$, тогда формула примет вид:

$$\begin{aligned} \sum_{m=2}^n a_{n-m}^{(n-1)} k^{[m]} + \sum_{m=1}^{n-1} m a_{n-1-m}^{(n-1)} k^{[m]} &= a_0^{(n-1)} k^{[n]} + \sum_{m=2}^{n-1} a_{n-m}^{(n-1)} k^{[m]} + \sum_{m=2}^{n-1} m a_{n-1-m}^{(n-1)} k^{[m]} + a_{n-2}^{(n-1)} k^{[1]} = \\ &= a_0^{(n-1)} k^{[n]} + \sum_{m=2}^{n-1} (a_{n-m}^{(n-1)} + m a_{n-1-m}^{(n-1)}) k^{[m]} + a_{n-2}^{(n-1)} k^{[1]}, \end{aligned}$$

т.к. $k^n = \sum_{m=1}^n a_{n-m}^{(n)} k^{[m]}$, то $a_0^{(n)} = a_0^{(n-1)}$, $a_{n-m}^{(n)} = a_{n-m}^{(n-1)} + m a_{n-m-1}^{(n-1)}$, $a_{n-1}^{(n)} = a_{n-2}^{(n-1)}$.

Введя замену $i = n - m$, получим $a_i^{(n)} = a_i^{(n-1)} + (n-i)a_{i-1}^{(n-1)}$, и полагая $a_i^{(n)} = 0$, если $i < 0$ или $i > n - 1$.

Так, например, если $n = 3$, имеем

$$a_i^{(3)} = a_i^{(2)} + (3-i)a_{i-1}^{(2)}; a_0^{(3)} = a_0^{(2)} + 3a_{-1}^{(2)} = 1 + 3 \cdot 0 = 1;$$

$$a_1^{(3)} = a_1^{(2)} + 2a_0^{(2)} = 1 + 2 = 3,$$

$$a_2^{(3)} = a_2^{(2)} + a_1^{(2)} = 0 + 1 = 1, \text{ и, следовательно, имеет место соотношение:}$$

$$k^3 = \sum_{m=1}^3 a_{3-m}^{(3)} k^{[m]} = a_0^{(3)} k^{[3]} + a_1^{(3)} k^{[2]} + a_2^{(3)} k^{[1]} = k(k-1)(k-2) + 3k(k-1) + k.$$

Некоторые значения $a_i^{(n)}$ внесем в таблицу:

n	$a_0^{(n)}$	$a_1^{(n)}$	$a_2^{(n)}$	$a_3^{(n)}$	$a_4^{(n)}$	$a_5^{(n)}$...
1	1						
2	1	1					
3	1	3	1				
4	1	6	7	1			
5	1	10	25	15	1		
6	1	15	65	90	31	1	
...

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

$$\alpha_n = M(X^n) = M(a_0^{(n)} X^{[n]} + a_1^{(n)} X^{[n-1]} + \dots + a_{n-1}^{(n)} X^{[1]}) = \sum_{m=1}^n a_{n-m}^{(n)} \alpha_{[m]},$$

где коэффициенты $a_i^{(n)}$ удовлетворяют соотношению $a_i^{(n)} = a_i^{(n-1)} + (n-i)a_{i-1}^{(n-1)}$.

Центральные моменты n -ого порядка случайной величины X связаны с ее центральными факториальными моментами соотношением

$$\mu_n = \sum_{m=1}^n a_{n-m}^{(n)} \mu_{[m]} = a_{n-1}^{(n)} \mu_{[1]} + \sum_{m=2}^n a_{n-m}^{(n)} \mu_{[m]} = \sum_{m=2}^n a_{n-m}^{(n)} \mu_{[m]},$$

где коэффициенты $a_i^{(n)}$ удовлетворяют соотношению $a_i^{(n)} = a_i^{(n-1)} + (n-i)a_{i-1}^{(n-1)}$.

Это соотношение легко получить из соответствующего соотношения для начальных моментов, полагая $X = X - M(X)$, так как $\mu_{[1]} = 0$.

Так, например,

$$\mu_2 = \mu_{[2]}, \mu_3 = \mu_{[3]} + 3\mu_{[2]}, \mu_4 = \mu_{[4]} + 6\mu_{[3]} + 7\mu_{[2]}.$$

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

Климович А.Н.

Научный руководитель: проф. Муравьев Г.Л.

СПЕЦИФИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТОХАСТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Стохастические сетевые модели (ССМ), относящиеся к категории типовых математических q-моделей (схем) [1] с непрерывным временем и дискретными состояниями, находят широкое применение в проведении анализа и синтеза систем произвольной природы. При этом используются готовые среды моделирования, позволяющие кодировать такие

модели. Кроме этого на базе сетей могут создаваться системы, среды автогенерации имитационных моделей, а также среды специализации типовых средств имитационного моделирования. Сети широко используются в обучении формализации объектов, процессов, построению концептуальных, математических моделей. Они могут служить основой для автогенерации: демонстрационных имитационных моделей в терминах изучаемых языков моделирования; моделей-эталонов, замещающих реальные системы и используемых обучаемыми для построения своих моделей; сетевых спецификаций, необходимых как для организации моделирования, так и тестирования разработанных моделей.

В работе выделены классы и подклассы q -моделей [2]: произвольные сети, стохастические сетевые модели, произвольные сети массового обслуживания (ПСМО), сети массового обслуживания, различающиеся составом узлов, процессов, механизмом управления обслуживанием заявок. Рассмотрены сети ПСМО, представляющие собой расширение широко используемых сетей массового обслуживания. Выделены виды ПСМО, включая линейные, нелинейные, замкнутые, разомкнутые, смешанные, однородные, неоднородные, стационарные и нестационарные. В том числе сети, нестационарные по входным процессам, обслуживанию (параметрам узлов), смешанные. В качестве базового варианта задания нестационарного функционирования сети использован вариант ее спецификации по "расписанию".

Выделен состав базовых узлов указанных сетей. Это источники-генераторы, моделирующие внешнюю среду, из которой в систему поступают заявки на обслуживание, включая одиночные и групповые, стационарные и нестационарные, управляемые по расписанию. Одно- и многоканальные обслуживающие узлы, в том числе с учетом относительных и абсолютных приоритетов, с фиксированным и переменным быстродействием каналов. Локальные накопители узлов ограниченной емкости, включая накопители с потерями заявок при переполнении и без потерь, с освобождением емкости при захвате канала узла и после полного завершения обслуживания в узле. Кроме этого используются вероятностные, маршрутные узлы, приемники обслуженных и потерянных заявок.

Дополнительно введены в рассмотрение "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. Последнее подразумевает расчет средних значений характеристик, средних и дисперсий характеристик, доверительных интервалов, получение частотных таблиц, построение распределений. При необходимости пользователь может ограничиться стандартным набором узловых и системных характеристик в разрезе отдельных потоков запросов либо набором характеристик, усредненных по всем потокам запросов.

Применимость указанного класса моделей зависит от наличия средств реализации и адекватности получаемых моделей, их чувствительности к погрешностям задания параметров сети. В связи с практикой использования графических схем для визуальной спецификации моделей, а также с учетом перспективности автогенерации результативных имитационных моделей на основе указанных спецификаций рассмотрены средства визуализации (символы, связи, отображающие ресурсы сети, потоки обслуживаемых заявок, управление обработкой и сбором данных), а также аспекты отображения указанных сетей в терминах языка GPSS системы GPSS World [3]. Определены способы организации моделирования и сбора данных для случая нестационарного функционирования сети.

В работе рассмотрена степень чувствительности характеристик сетей к точности задания параметров. В частности, рассматривалось влияние погрешностей задания зна-

чений задержек обслуживания (одного или нескольких) узлов в сетях разной конфигурации (многофазных; параллельных, произвольных) с разными режимами функционирования и степенью сбалансированности. В качестве анализируемых факторов рассматривались средние значения задержек, коэффициенты вариации значений задержек, законы распределения задержек.

Полученные результаты, включая выделенный подтип сетей, правила его визуализации, правила отображения сети в терминах языка GPSS составляют основу для создания системы автогенерации результативных имитационных моделей по их сетевым спецификациям. А оценки чувствительности сетевых характеристик позволяют оценивать требования к точности задания параметров сетей, устанавливать допустимые диапазоны изменения погрешностей узловых характеристик по отношению к системным.

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. – СПб.: Корона, 2004. – 320 с.
4. Кудрявцев, Е.М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем: учебник для ВУЗов. – Москва, 2004. – 320 с.

УДК 004.514.62

Коваленко В.Ю.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.

СРЕДСТВА ИЗОЛЯЦИИ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОРТАТИВНЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ LINUX

Использование мобильных встраиваемых систем (ВС) имеет значительные отличия от эксплуатации традиционных и стационарных систем: в первую очередь, для них характерны работа в «походных» условиях, т. е. отсутствие поддержки, возможности оперативного диагностирования и отладки приложений, восстановления системы (переустановка, изменение системных настроек); повышенные требования к устойчивости из-за критичности получаемых данных и недопустимость их потери. В связи с этим при разработке таких ВС необходимо придумать и реализовать методологию сохранения работоспособности системы в случае сбоев, ошибок (как внутренних, так и внешних).

Базисом для проведения исследований, представленных в данной работе, является мобильная платформа мониторинга паводковой ситуации [1], обладающая низкой вычислительной мощностью; поэтому рассмотренные далее способы повышения надежности были выбраны с учётом доступных ресурсов.

1. Использование виртуализации в ВС

Виртуализация – запуск приложения в изолированной среде, т. н. «песочнице» (от англ. sandbox), когда его действия жестко контролируются виртуальной машиной (VM). Приложение изолировано от других программ и взаимодействует с ними через специальные интерфейсы, а доступ к ресурсам (памяти, портам и т. д.) инкапсулируется и также находится под контролем.

Полноценная аппаратная или паравиртуализация неприемлема в данной задаче из-за объема потребляемых ресурсов. Поэтому было решено использовать метод изоляции

(контейнеров, jail), который позволяет значительно повысить производительность и скорость отклика системы [2].

Контейнеры представляют собой специальные изолированные области, как в оперативной памяти, так и на жёстком диске (который в нашем случае представлен в виде FLASH-накопителя) без возможности доступа к внешним, по отношению к ним, ресурсам и данным. Это справедливо и для такого критически важного параметра, как процессорное время. Существует несколько реализаций этой технологии, но наиболее уместной является lxc (linux containers), поскольку полностью отвечает предъявленным требованиям. При старте программа запускается внутри этого пространства, и её ошибки никак не влияют на работу других программ или самой системы.

Механизм контейнеров применен нами следующим образом: в качестве гипервизора выступает системная графическая оболочка, через меню которой происходит управление устройством. При выборе определённого пункта, который, по сути, является отдельной программой, запускается контейнер, в свою очередь запускающий программу. Взаимодействие между процессами реализовано через прикладную коммуникационную библиотеку и потому не нарушает изоляцию. Визуализация данных, т. е. отображение результата работы, выполняется системной оболочкой.

2. Работа в условиях нехватки ресурсов

Отдельным требованием к разработке программного обеспечения является экономия энергии (поскольку устройство мобильное) и нехватка ресурсов для параллельной работы нескольких «тяжёлых» приложений. Чтобы частично решить эти проблемы, нами использована технология персистентности – останов выполнения и сохранение программы на диск для дальнейшего восстановления при необходимости.

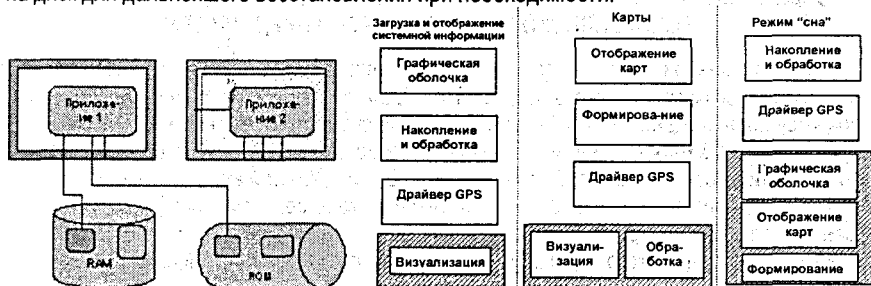


Рисунок 1 – Изоляция приложений (слева) и структура модулей системы (справа)

Суть использованного решения в том, что сохраняется определенный контейнер, а затем восстанавливается без потери результата. Реализация основана на подсистеме sturpid, которая в полной мере отвечает поставленным задачам.

Управление на уровне системного меню является прозрачным для пользователя (при смене активного приложения «старое» сохраняется, а новое восстанавливается автоматически). Этот процесс, однако, приводит к незначительной временной задержке при отображении, но, поскольку смена происходит не так часто, значительного влияния на удобство использования данный факт не оказывает, обеспечивая при этом существенные преимущества: «псевдопараллельный» режим работы (когда несколько программ работают не в параллельном режиме, но при этом процессы не завершаются, и не требуется выполнение дорогостоящих системных вызовов и повторной инициализации

процесса); снижение энергопотребления за счёт возможности уменьшения нагрузки на вычислительные мощности.

Выводы

Т.о., для обеспечения повышенной надежности программного обеспечения встраиваемых систем на базе ОС GNU/Linux может быть применен следующий комплекс решений:

- адаптация системы контейнеров для использования в ВС на основе ARM;
- создание подсистемы, обеспечивающей персистентность приложений;
- использование специальной оболочки для автоматизации и настройки описанных выше функций.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Коваленко, В.Ю. Архитектура портативного терминала для системы мониторинга паводка на базе платформы GNU/Linux: сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов. – Брест: БрГТУ, 2011. – Ч. 1. – С. 69–71.

2. Коваленко, В.Ю. Обеспечение повышенной надежности и длительности работы программного обеспечения встраиваемых систем на базе ОС GNU/LINUX / В.Ю. Коваленко // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2012: материалы 8-й Международной молодежной НТК. – Севастополь, 2012. – С. 369.

УДК 004.051

Кочурко В.А., Гречка А.В.

Научный руководитель: д.т.н., проф. Головки В.А.

ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ РАСПИСАНИЯ РАБОТ МАШИННО-ТРАНСПОРТНОГО ПАРКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В рамках данной работы рассматривается вопрос оптимизации расписания работ техники сельскохозяйственного предприятия. Данный вопрос актуален как один из методов уменьшения издержек и повышения экономической эффективности хозяйствования.

Постановка задачи. Предметная область представляет собой сельскохозяйственное предприятие, создающее календарный план работ для каждой единицы техники.

Техника делится на два типа: силовая техника (трактора, комбайны) и обрабатывающая (сеялки, диски и т.д.).

Каждая единица такого календарного плана – одна операция, выполняемая либо одной единицей техники (комбайном), либо агрегатом из двух единиц техники разного типа (например, трактор + сеялка).

Каждая единица техники имеет набор операций, которые она способна выполнять; соответственно на одну выполнение операции некоторого типа можно назначить только такую технику либо агрегат, который способен выполнять такую операцию.

Формирование всего календарного плана происходит на основе карты технологий, которая предварительно составляется на основе базовых (справочных) технологий с добавлением специфики каждого отдельного предприятия.

Технологией называется совокупность операций, производимых каждая в строго отведенном временном интервале (таковой интервал носит название агросрок – интервал, когда допустимо и необходимо проведение соответствующей операции), и дополнительных условий для этих операций – например, количество используемых расходных материалов типа семена или удобрения; типы и площади полей, к которым применяется каждая из операций технологии.

Соответственно при составлении расписания (календарного плана) работ следует решить 2 основные проблемы: все работы должны производиться в строгом соответствии с предварительно заданной картой технологий, а само проведение всех операций должно сопровождаться минимизацией расходов на их проведение. Также следует учитывать, что все работы должны укладываться в нормативы – например, Трудового кодекса для учёта времени работы каждого отдельного водителя либо в заводские показатели единицы техники по максимальной ежедневной выработке.

Математическая модель. Формально предметную область можно описать в виде математической модели, имеющей некоторое количество жёстко заданных ограничений и целевую функцию, описывающую стремление расходов и издержек к минимуму.

Для формального описания системы введём понятие доли участия агрегата либо единицы техники в операции, которую можно описать формулой (1)

$$D_{ik} = \frac{\sum_j T_c \cdot P_{cijk} + \sum_j T_{oijk} \cdot P_{oijk}}{T_{фактик k}}, \quad (1)$$

где D_{ik} – доля участия i -го агрегата или единицы техники в k -й операции;

T_c – время одной смены (по законодательству – 8 часов);

P_{oijk} (P_{cijk}) – признак использования i -го агрегата в j -й день на k -й операции на неполной (полной) смене (0 – агрегат не используется, 1 – агрегат используется);

T_{oijk} – время остатка смены, час;

$T_{фактик k}$ – фактическое время работы на k -й операции, час.

Тогда введём основные формальные ограничения, действующие на данную систему.

Первое ограничение – все операции должны быть выполнены полностью, описывается формулой (2)

$$\forall k : \sum_i D_{ik} = 100\%, \quad (2)$$

где D_{ik} – доля участия i -го агрегата или единицы техники в k -й операции.

Второе ограничение – агрегат (либо единица техники) не может быть использован в один день одновременно в полную и в неполную смену, описывается формулой (3)

$$\forall i, j, k : P_{cijk} + P_{oijk} < 2, \quad (3)$$

где P_{oijk} (P_{cijk}) – признак использования i -го агрегата в j -й день на k -й операции на неполной (полной) смене (0 – агрегат не используется, 1 – агрегат используется).

Третье ограничение – непрерывность выполнения операции. На протяжении всего агросрока операции объём работ, выполненных по данной операции, должен с каждым днём увеличиваться, не прерываясь. Это ограничение описывается формулой (4)

$$\forall g \in [j_{нач} + 1; j_{нач} + j_{эс}]: \sum_{j=j_{нач}}^g Q_{ijk} \cdot (T_c \cdot P_{cijk} + T_{oijk} \cdot P_{oijk}) > \sum_{j=j_{нач}}^{g-1} Q_{ijk} \cdot (T_c \cdot P_{cijk} + T_{oijk} \cdot P_{oijk}), \quad (4)$$

где $j_{нач}$ – день начала выполнения k -й операции; $j_{эс}$ – длительность агросрока для этой операции; Q_{ijk} – объём работы, выполненный на k -й операции i -м агрегатом за 1 час.

Четвёртое ограничение связано с тем фактом, что агрегаты могут быть составлены из разных элементов, которые для разных агрегатов могут быть одинаковыми; т.е. в двух разных агрегатах может быть использован один и тот же конкретный трактор. Соответственно, занятость каждой отдельной единицы техники в качестве элемента агрегата

либо отдельно не может превышать временной норматив. Это ограничение описывается формулой (5)

$$\forall i, j: \sum_k (P_{cijk} \cdot T_c + P_{oijk} \cdot T_{oijk}) \leq T_{\text{раб}}, \quad (5)$$

где P_{oijk} (P_{cijk}) – признак использования i -го агрегата в j -й день на k -й операции на неполной (полной) смене (0 – агрегат не используется, 1 – агрегат используется);

$T_{\text{раб}}$ – нормативное время работы, час.

Тогда целевая функция описывается формулой (6)

$$\sum_i \sum_j \sum_k (A_{ijk} + O_{ijk} + \Gamma_{ijk} + Z_{ijk}) \rightarrow \min, \quad (6)$$

где A_{ijk} – амортизационные отчисления по i -му агрегату в j -й день на k -й операции;

O_{ijk} – ремонтные расходы по i -му агрегату в j -й день на k -й операции;

Γ_{ijk} – затраты топлива по i -му агрегату в j -й день на k -й операции;

Z_{ijk} – заработная плата по i -му агрегату в j -й день на k -й операции.

Подходы к решению задачи. Задача носит явный комбинаторный характер. Поэтому один из очевидных методов ее решения – перебор вариантов, в частности генетический алгоритм, как метод адаптивного перебора в пространстве поиска возможных решений. Но поиск возможных решений в данном случае – сама по себе задача довольно сложная и комбинаторная, т.к. существует довольно большое количество ограничений. Таким образом, генетический алгоритм хоть и неплохая модель решения в таком контексте (так как речь идет о комбинаторике, переборе) – в чистом виде неприемлем для решения данной задачи.

Не исключено, что система распределения техники по операциям для успешного функционирования должна включать и другие методы. Предполагаемые методы:

- элементы эвристики: для ускорения процедуры принятия решений, возможно, для исключения из пространства поиска очевидных неудовлетворительных решений;
- методы линейного программирования [1]: симплекс-метод, алгоритм Форда-Фалкерсона – для поиска возможного варианта расписания, генерация возможных решений;
- методы искусственных иммунных систем [2]: для оптимизации самого процесса функционирования системы (накопление опыта – возможно, каких-либо шаблонных решений);
- самоорганизующиеся искусственные нейронные сети [3]: для поиска оптимального с точки зрения экономических затрат варианта(-ов) распределения техники;
- методы функционирования мультиагентных систем: если рассматривать агрегаты как агенты системы, расписание – как некоторое информационное пространство, в котором они функционируют, а цель их совместного функционирования – поиск оптимального решения.

Модель решения. Для получения более близких к оптимальному результатов в разумное время следует использовать гибридный подход. Так, ядром решения будет являться генетический алгоритм, остальные методы будут играть вспомогательную роль.

В терминах ГА [4] задача принимает следующий вид:

- особь генетического алгоритма – это искомый результат, описание распределения техники по операциям – будем называть это расписанием;
- функция приспособленности – метрика данного расписания, вычисленная на основании жестких ограничений, заданных математической моделью, локальных ограничений, учитывающих специфику отдельного предприятия, и целевая функция;
- хромосома – это числовой массив данных, который однозначно характеризует расписание.

Основная проблема формализации задачи и, как следствие, ее решения связана именно с хромосомой. Для решения этой проблемы – проблемы формализации понятия хромосомы (и всего, что с ней связано) в этом контексте, необходимо ответить на ряд

вопросов: Какие именно параметры расписания наиболее четко и однозначно характеризуют его? Какие именно данные (или блоки данных) и каким образом будут представлены в хромосоме? Каким образом можно преобразовать хромосому в «возможное» или «правильное» расписание?

Введём трёхмерное пространство «агрегат»/«технологическая операция»/«дата». Такое пространство дискретно, притом в нём есть множество допустимых значений, которые не обязательно являются допустимыми решениями задачи. Расписанием в таком случае является подмножество точек (назовём их «кванты») из множества допустимых значений.

Каждый такой квант может иметь дополнительный набор параметров – например, удельный вес, приоритет и т.д. Часть этих параметров статична, часть подбирается случайным образом. Также, в зависимости от параметров, кванты могут включать друг на друга – включение в множество решений одного влияет на вероятность включения другого.

Тогда хромосома является массивом квантов с их параметрами. Однако набор квантов в хромосоме не является жёстко закреплённой информацией о расписании – скорее, это основание для эвристической обработки.

Разработка ПО. Решение задачи оптимизации производится при сотрудничестве с РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». В рамках данного сотрудничества разрабатывается программный комплекс, решающий более общую задачу на прикладном уровне.

В данный программный комплекс входят:

- информационное обеспечение – единая справочная БД, содержащая исходные данные по всем используемым в РБ типам техники, расходным материалам, базовым технологиям и т.д. Кроме справочной БД, есть административная БД, в которую вынесена информация об управлении доступом пользователей, обратная связь, журналирование, сбор анонимной статистики и т.д.;

- программное обеспечение – разрабатывается по моделям «клиент-сервер» и «тонкий клиент». Можно выделить три отдельных модуля ПО:

- административный модуль – модуль сопровождения справочной и административной БД;
- пользовательский модуль – модуль доступа к БД и настройки исходных данных для расчёта;

- расчётный модуль – модуль, производящий непосредственные расчёты и формирование оптимального расписания (либо рекомендации по реструктуризации входных данных в случае невозможности получения оптимального расписания);

- техническое обеспечение – вся серверная часть (БД, расчётный модуль) должна быть сконцентрирована в рамках некоторой локальной сети с высоким уровнем внутрисетевых коммуникаций для обеспечения приемлемого времени ответа при большом количестве одновременных заявок от пользователей.

Заключение. Согласно сведениям от РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», вышеописанная задача является актуальной; прогноз количества пользователей разрабатываемого программного комплекса уже на тестовом этапе составляет около тысячи предприятий.

Разработка вышеупомянутого программного комплекса производится в рамках дипломного проекта и магистерской диссертации авторов.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Томас Х. Кормен. Алгоритмы: построение и анализ. / Х. Томас Кормен [и др.] – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2006. – 1296 с.
2. Дасгут, Д. Искусственные иммунные системы / Д. Дасгут [и др.] – М.: Физматлит, 2006. – 344 с.
3. Головкин, В.А. Нейронные сети: обучение, организация и применение: учебное пособие для вузов / В.А. Головкин; под общей ред. А.И. Галушкина. – М.: ИПРЖР, 2001. Кн. 4. – 256 с.
4. Гладков, Л.А. Генетические алгоритмы: учеб. пособ. / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик. – 2-е изд. – М.: Физматлит, 2006. – 320 с.

РАЗДЕЛИТЕЛЬНАЯ ДЕКОМПОЗИЦИЯ ЧАСТИЧНО ЗАДАННЫХ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ

В данной работе рассматриваются возможности программного средства для разделительной декомпозиции частичных булевых функций, разработанного автором.

Частичные функции возникают при кодировании входных, выходных символов и состояний частичных автоматов и используются для построения логических схем таких автоматов. Разделительная декомпозиция позволяет при некоторой перестановке переменных функции выделить из нее функцию, зависящую от меньшего числа переменных [1]. Эту функцию можно реализовать в виде отдельного функционального блока, что упрощает саму логическую схему. В частности, в результате декомпозиции функция $f(x,y,z,t)$ представляется в виде $g(u,v,h(p,t))$, где u, v, t – некоторая перестановка переменных x, y, z, w . При этом используется разложение Шеннона: $f(x,y,z,t) = \neg h(p,t) \& g(u,v,0) \vee h(p,t) \& g(u,v,1)$, где $h(p,t)$ – выделенная функция.

Основной целью работы была автоматизация перебора всех возможных вариантов доопределения заданной частичной функции с учетом изменения порядка ее переменных. В результате, использование полученного программного средства не только избавляет от трудоемкого ручного подбора вариантов доопределения функции, но и возвращает:

- 1) формульное представление доопределенной в каждом случае функции, записанные с использованием стандартных связок;
- 2) результат декомпозиции в виде формулы над системой $\{\neg, \&, \vee\}$, и сложность формулы;
- 3) соответствующую схему из функциональных элементов.

Пользователю предоставляется возможность самостоятельно задавать маску, по которой будет выполнено доопределение. Маска может содержать прочерки, имена переменных и разделитель. Если маска содержит прочерки, то программа сама находит и выводит все варианты, по которым допускается доопределение функции, и выполняет декомпозицию в каждом случае.

На рис.1 показан результат работы программы для функции (10-1 1-0 -10 -101) и маски z-x-

zuxw

Решения найденные с помощью метода "декомпозиция":

zuxw	00	01	10	11	Тип
00	1	0	0	1	1
01	1	0	0	1	1
10	1	1	1	0	2
11	1	0	0	1	1
Тип	1	2	1	3	

Рассчитаны по столбцам

Функция = 1011 1010 0110 0101

Маска = zuxw

Имя = (z / - y) & (x | w) v (z - y) & (- (x & (-w)))

Базис = (- (f(-z) v y)) & (- (x & w)) v ((-z) v y) & (- ((-x) & (-w) v x & w))

Сложность = 10

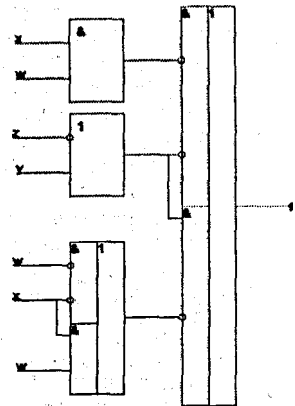


Рисунок 1

Данное программное средство помогает подобрать оптимальное многоуровневое представление булевой функции, получаемое в результате проведения разделительной декомпозиции.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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

УДК 004.514.62

Мешечек Н.Н., Ущаповская А.Н.

Научный руководитель: к.т.н, доцент Костюк Д.А.

МОБИЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ И ОТОБРАЖЕНИЯ СХЕМ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Предлагаемая программно-аппаратная система для составления и отображения схем дорожно-транспортных происшествий (ДТП) предназначена для подготовки иллюстративных материалов разъяснительного и профилактического характера. Система ориентирована на использование в полевых условиях. Аппаратная часть системы представляет собой комбинацию стандартных компонент: офисного компьютера либо ноутбука, а также электронного планшета, оснащенного модулями GSM-связи и GPS-позиционирования, работающего под управлением ОС Android. Соответственно за подготовку схем ДТП отвечают два программных компонента: портативный редактор схем, используемый на месте происшествия, и генератор 3D-модели, работающий на стационарном компьютере либо ноутбуке [1].

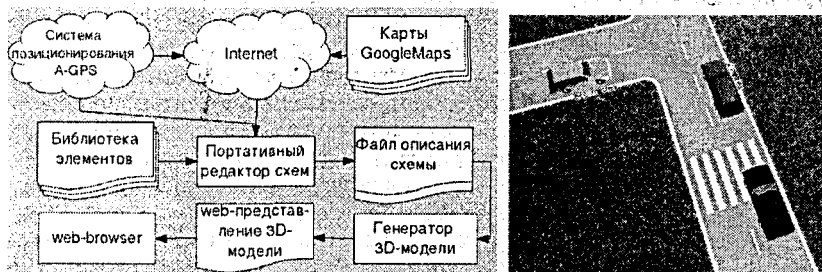


Рисунок 1 – Структура системы и результат генерации трехмерной сцены ДТП

Портативный редактор схем работает на электронном планшете. Интерфейс составления схемы спроектирован с учетом особенностей емкостного сенсорного экрана и максимально использует принципы прямого объектного управления [2]. Окно редактора разбито на две части: правая отвечает за отображение графических примитивов, левая – область для создания схемы. Манипуляции над примитивами выполняются типовыми интуитивно-понятными жестами: прямолинейное движение для перемещения, круговые – для вращения, использование технологии мультитач для масштабирования. Составление схемы основано на использовании библиотеки графических примитивов, включающей элементы дорог и улиц, изображения возможных участников движения, пиктограммы дорожных знаков и светофоров, а также поясняющие элементы, такие как стрелки, надписи, геометрические фигуры и линии. Выбор конкретного типа примитивов осуществляется с помощью контекстного меню. Элементы дорог включают наиболее распро-

страненные шаблоны дорог и перекрестков, а также варианты дорожной разметки. При отсутствии необходимого изображения перекрестка или улицы предусмотрена возможность создания собственного примитива. Для участников движения предусматривается возможность задания произвольного цвета графического примитива.

Создание схемы на планшете упрощено использованием готовых свободно-распространяемых карт городов, предоставляемых проектом GoogleMap. Для загрузки фрагмента карты используется автоматическое определение географических координат с помощью модуля A-GPS. Выбор конкретного перекрестка или улицы происходит прямым линейным перемещением пальца по карте, при необходимости предусмотрена возможность изменения масштаба. Получаемый фрагмент интегрируется в создаваемую схему в виде наборов полигонов и линий, а также текстовых надписей.

Генератор трехмерной модели, запускаемый на стационарном компьютере, строит трехмерную сцену на основе двумерной схемы ДТП. Таким образом, результатом работы системы, помимо стандартных растровых изображений схем, являются динамические модели ДТП, генерируемые в виде фрагментов кода на HTML и пригодные к интеграции на произвольную веб-страницу. Для отображения трехмерной сцены в браузере использована javascript-библиотека three.js, являющаяся надстройкой над технологией WebGL и упрощающая работу по визуализации. На вход генератора 3D-модели поступают данные в формате JSON – универсальном формате, ориентированном на описание относительно простых иерархических наборов данных, легко воспринимающимся человеком и эффективно обрабатываемым средствами javascript. Объекты, распознаваемые генератором 3D-модели: дорожная разметка, транспортные средства, дорожные знаки и светофоры, а также кадры анимации.

Для упрощения структур данных и анимации все подвижные объекты, включая пешеходов, считаются при трехмерной визуализации относящимися к классу транспортных средств. Атрибуты разметки – имя файла-текстуры, размеры и позиция относительно центра схемы. Атрибуты транспорта – идентификатор в данной сцене, название модели, координаты и угол вращения относительно продольной оси схемы, а также необходимые атрибуты сопровождающей транспортное средство текстовой метки (надпись, координаты и угол вращения). Атрибуты знаков – идентификатор в данной сцене, имя файла текстуры (совпадает с международным числовым обозначением дорожного знака), координаты и угол вращения, а также подтип, обозначающий форму знака либо принадлежность данного объекта к семейству светофоров). Каждый кадр имеет идентификатор и массив перемещений, задающий изменения в положении объектов. Элемент массива перемещений обязательно содержит идентификатор транспортного средства, новую позицию объекта и/или сопровождающей его текстовой надписи. Трехмерные модели представлены в отдельных файлах в формате COLLADA (открытый формат, используемый для обмена между различными 3D-редакторами и поддерживаемый, в т.ч., библиотекой three.js). Динамика веб-представления обеспечивает большую наглядность схемы за счет возможности проиграть ее, отслеживая с разных ракурсов перемещения участников происшествия.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мешечек, Н.Н. Распределенная система изображения дорожно-транспортных происшествий с портативным терминалом / Н.Н. Мешечек // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2012: материалы 8-й Международной молодежной НТК – Севастополь, 2012. – С. 370.
- 2: Мешечек, Н.Н. Экранные средства ввода форматированного текста с объектным управлением / Н.Н. Мешечек // Новые направления развития приборостроения: материалы 4-й Международной студенческой научно-технической конференции. – Минск, БНТУ, 2011. – С. 63.

ПОВЕДЕНИЕ АВТОНОМНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА В ДИНАМИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

Введение

В данной работе описан алгоритм ранее созданного автономного робота для участия в соревнованиях, таких как RoboRace. Алгоритм разрабатывался на основе технических характеристик робота. Алгоритм обеспечивает роботу максимально точное движение по трассе и минимальную вероятность столкновения со средой.

1. Правила гонок

RoboRace – это соревнование автономных мобильных роботов, организованное по принципу Формулы 1. Движение роботов осуществляется по трассе с установленными бортами. Допускается движение робота любым способом, который подразумевает автономную ориентацию. Алгоритм движения робота разрабатывается каждой командой для своего робота.

Проделанная работа на базе радиоуправляемой игрушечной модели затрагивает инженерные и программные решения проблем, указанных ниже, которые впоследствии могут быть применены в роботизированных средствах передвижения.

Надо отметить, что роботы могут быть манипулируемые, управляемые человеком, и автономные, способные двигаться самостоятельно. В данной работе рассматривается автономный робот. Для движения автономных роботов характерны следующие проблемы:

- низкая маневренность;
- недостаточное ориентирование на маршруте (проблема логики движения);
- частые потери контроля маршрута следования (нечёткое движение по маршруту, выезд за его пределы или непредвиденные алгоритмом ситуации).

- Ключевыми причинами являются:
- слабость алгоритмов управления;
- выбор ходовой части ;
- погрешность электроники и механики.

2. Описание робота

В качестве решения проблемы был сконструирован робот на базе игрушечной модели автомобиля. Для осуществления движения был установлен мотор, подключенный к специально изготовленному драйверу моторов. Далее были изготовлены 3 инфракрасных датчика расстояния, которые подключены к аппаратно-вычислительной управляющей платформе Arduino на основе микроконтроллера ATmega328. С её помощью осуществляется управление роботом. Эта популярная платформа выбрана из-за простоты прошивки и кодирования. Питание у робота раздельное: 2 Li-pol батарейки стандарта AA питают моторы, и 2 Li-pol батарейки питают электронику. В качестве рулевого механизма используются рулевые механизмы автомодели, с шаговым двигателем (servo). Использование именно Servo-привода обусловлено его простотой использования, достаточной мощностью и точностью позиционирования рулевого механизма.

3. Техническая база:

- Дальномёры (2xSharp (10-80 см), 1xSharp (15-150 см))
- Кнопки (Микрики) работают на замыкание.

- Микроконтроллер (Аппаратная платформа Arduino).
 - База автомобиля (Машинка на радиоуправлении).
- Способ установки датчиков на перед модели (Рисунок 1).

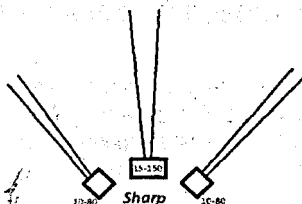


Рисунок 1 – Расположение датчиков

4. Алгоритм

Описание логики движения робота по туннелю. Для понимания работы данной логики необходимо представить трассу со стороны робота. Для робота трасса выглядит как туннель без крыши. Борты трассы играют роль стен в туннеле. Оптимальной траекторией движения в туннеле является движение по середине. Поскольку робот собран на базе модели автомобиля, то разворот на месте невозможен технически, поэтому нужно иметь запас места для поворота, как в лево, так и в право. Поскольку трасса имеет ширину в один метр, а два датчика, расположенные слева и справа, имеют чувствительность в 80 (см), то при движении мы постоянно контролируем расстояние до обоих бортов, что позволяет, измеряя разницу между этими расстояниями, стремиться её уменьшить.

4.1. Состояния алгоритма:

- Левый датчик показывает, что препятствие близко, правый – что препятствие далеко. В зависимости от расстояния на левом датчике выбираем величину поворота направо. Чем дальше препятствие слева, тем меньше угол поворота.

При этом проверяются показания датчика в центре, если на нём есть препятствие ближе граничного расстояния, осуществляется левый поворот.

- Правый датчик показывает, что препятствие близко, левый – что препятствие далеко. В зависимости от расстояния на правом датчике выбираем величину поворота налево. Чем дальше препятствие справа, тем меньше угол поворота.

При этом проверяются показания датчика в центре, если на нём есть препятствие ближе граничного расстояния, осуществляется правый поворот.

- Есть препятствие слева и справа на расстоянии менее 80 см с двух сторон. Тогда действует основная идея алгоритма. Пытаемся ехать посередине между этими препятствиями.

При этом проверяются показания центрального датчика, если на нём есть препятствие на расстоянии ближе граничной зоны, робот смещается влево или вправо в зависимости от того, где на данный момент расстояние больше на 20 см, и пытается придерживаться данного положения в течение 5 с. После чего снова движется посередине.

4.2. Словесное описание алгоритма

После включения считываем показания со всех датчиков, выбираем направление в зависимости от их показаний, пытаемся придерживаться середины. При этом циклично считываем данные с датчиков и вносим корректировки в курс. При возникновении непредвиденных ситуаций, когда расстояния с датчиков слишком завышены, либо занижены, движемся с минимальной скоростью в последнем направлении. При ударе о препятствие

кнопки, установленные на переднем бампере автомобиля, сигнализируют о столкновении. Робот отъезжает назад, при этом поворачивает в сторону, противоположную сработавшей кнопке. Если сработали обе кнопки одновременно – в сторону, противоположную последнему направлению. После чего продолжает движение по основному алгоритму.

5. Результаты экспериментов

В результате моделирования получился робот с именем «BigMod». На этапе подготовки все тесты проводились в университете на импровизированной трассе. После ряда испытаний было принято решение протестировать робота в более сложных условиях и принять участие в международных соревнованиях «ROBORACE», где робот показал себя очень достойно, заняв 5 место. От соревнований было получено много интересных впечатлений, большое число идей, а так же ценнейший опыт. Конечно же, возник ряд трудностей, которые не были предусмотрены. Не было учтено, что из-за малого веса робота при столкновении не всегда срабатывали кнопки, что приводило к блокировке двигателя, по причине чего драйвер двигателя выходил из строя. Эту проблему удалось решить установкой одометра.

6. Заключение

В ближайшем будущем планируется внесение изменений в конструкцию робота. Увеличение скорости движения, замена платформы робота на более маневренную, модификация всех составляющих и подготовка к следующему этапу соревнований ROBORACE.

7. Вывод

Полученный опыт в конструировании и программировании робота на базе игрушечной модели является очень ценным. При помощи таких проектов студенты могут на практике применять и совершенствовать свои знания в области программирования, механики и электроники. Это делает процесс обучения более интересным и захватывающим, а также стимулирует студентов вести научную деятельность.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. GP2Y0A21YK0F. Distance Measuring Sensor Unit. Sheet No.: E4-A00201EN: SHARP Corporation. – Tokio, Japan, 2006.

УДК 004.514.62

Нефедьев А.Ю.

Научный руководитель: доцент Дунец А.П.

СОЗДАНИЕ АВТОНОМНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА ДЛЯ УЧАСТИЯ В СОРЕВНОВАНИЯХ ROBORACE

Введение

В данной работе описывается создание мобильного автономного робота для кольцевых гонок. При создании робота мы использовали микроконтроллер для управления всей системой, драйвер двигателя для управления скоростью робота и направлением, серводвигателей для рулевого управления, а также инфракрасные датчики для определения расстояния до препятствий и механические для распознавания столкновений.

Регламент соревнований

Автономная модель робота должна иметь механические возможности преодоления соответствующего расстояния с возможными изменениями траектории движения, а также отвечать следующим требованиям:

1. Максимальная ширина – 250 мм, длина – 500 мм.
2. Вес не должен превышать 3 кг.

3. На верхней части робота выведен разъем WF-3 для регулирования автономным стартом.

4. Робот должен иметь задние габаритные огни – красный светодиод диаметром 5 мм и углом рассеивания не менее 60 град. Направлен назад и размещен не более чем на 1 см от боковой стороны.

5. Разрешено использование в конструкции робота устройства приема-передачи информации для связи с другими роботами команды, находящимися на трассе (допустимая мощность излучения 100 -200 мВт).

6. Максимальное напряжение элементов питания 24 В.

Составляющие робота:

- Микроконтроллер Arduino
- Драйвер двигателя
- Серводвигатель
- Датчики: инфракрасные (Sharp) и механические (кнопки)
- Комплект аккумуляторов

Микроконтроллер Arduino

Плата Arduino состоит из микроконтроллера Atmel AVR (ATmega328 и ATmega168 в новых версиях и ATmega8 в старых), а также элементов обвязки для программирования и интеграции с другими схемами. На многих платах присутствует линейный стабилизатор напряжения +5В или +3,3В. Тактирование осуществляется на частоте 16 или 8 МГц кварцевым резонатором (в некоторых версиях керамическим резонатором). В микроконтроллер предварительно прошивается загрузчик BootLoader, поэтому внешний программатор не нужен.

Платы Arduino позволяют использовать большую часть I/O выводов микроконтроллера во внешних схемах. Например, в плате Diecimila доступно 14 цифровых входов/выходов, 6 из которых могут выдавать ШИМ-сигнал, и 6 аналоговых входов. Эти сигналы доступны на плате через контактные площадки или штыревые разъемы. Также доступно несколько видов внешних плат расширения, называемых «shields» («щиты»), которые присоединяются к плате Arduino через штыревые разъемы.

Интегрированная среда разработки Arduino – это кроссплатформенное приложение на Java, включающее в себя редактор кода, компилятор и модуль передачи прошивки в плату.

Среда разработки основана на языке программирования Processing и спроектирована для программирования новичками, не знакомыми близко с разработкой программного обеспечения. Язык программирования аналогичен используемому в проекте Wiring. Строго говоря, это C++, дополненный некоторыми библиотеками. Программы обрабатываются с помощью препроцессора, а затем компилируются с помощью AVR-GCC.

Существует полный русский перевод языка Arduino, предназначенный для преодоления языкового барьера при распространении платформы в русскоязычных странах.

Драйвер двигателя на чипах серии IRF73XX.

Схема управления коллекторным двигателем, в которой используют транзисторные сборки серии IRF73XX, оптимальна для оснащения моделей мобильных роботов, которые принимают участие в соревнованиях Roborace: работает от батарей при низких напряжениях, управляет большими для своих размеров токами.

Особенности:

- малое внутренне сопротивление ключей моста;
- высокие (относительно размера устройства) коммутируемые токи: 2,5А непрерывный ток;

- используются встроенные защитные диоды транзисторных чипов;
- чип логики обеспечивает преобразование управляющих сигналов в удобную форму;
- Dir – направление вращения двигателя;
- Enable – включение двигателя, так же используется для регулирования оборотов через ШИМ;

- возможно раздельное питание логики и транзисторных сборок.

Известные проблемы:

При смене направления (уровня сигнала Dir) нужно переключить Enable в 0, сделать паузу на несколько микросекунд, затем поменять направление, пауза на несколько микросекунд. Иначе возможны сквозные токи в плечах моста.

Серводвигатель

Сервопривод с мотором, предназначенный для приведения в движение устройств управления через поворот выходного вала, применяют в таких областях, как открытие и закрытие клапанов, переключатели и так далее.

Важными характеристиками сервомотора являются динамика двигателя, равномерность движения, энергоэффективность.

Преимущества:

- высокий вращающий момент;
- высокая скорость разгона;
- маленький вес двигателя;
- низкое энергопотребление.

Недостатки:

- высокая стоимость;
- падение напряжения.

Инфракрасные датчики

В робототехнике широко распространены сенсоры измерения расстояния – инфракрасные дальномеры – в силу своей компактности, простоты и дешевизны. Такой сенсор представляет собой специальное устройство, которое преобразует входное напряжение в выходное, исходя из расстояния от устройства до препятствия в зоне видимости.

Какой дальномер выбрать?

Серия дальномеров GP2XX включает несколько типов. Они различаются минимальными и максимальными значениями дальности измерения, а также форматом возвращаемого сигнала (есть модели, имеющие аналоговый выход – они возвращают расстояние до объекта; также есть модели, имеющие цифровой выход и возвращающие лишь булево значение – есть объект в поле зрения датчика или нет).

Сравнительные характеристики дальномеров (Рис 1.).

Недостаток датчиков заключается в сложной обработке информации и, как итог, погрешности в измерениях.

Механические датчики

Для определения столкновения робота с препятствиями использовались механические кнопки.

Преимущества – отсутствие погрешности в измерениях.

Комплект аккумуляторов

На робот устанавливаются аккумуляторы двух типов:

- Li-ion (литий – ионные);
- Li-pol (литий – полимерные).

Преимущества:

- маленький вес;
- быстрая зарядка;
- большой ток разряда;
- высокое напряжение.

Заключение

Изучив данную работу, можно ознакомиться с основными узлами робота, узнать принцип их действия, определить преимущества и недостатки. Связав все узлы, указанные выше, в одно целое, получаем робота, готового для программирования. После этапа программирования робот готов к участию в кольцевых гонках Robotase.

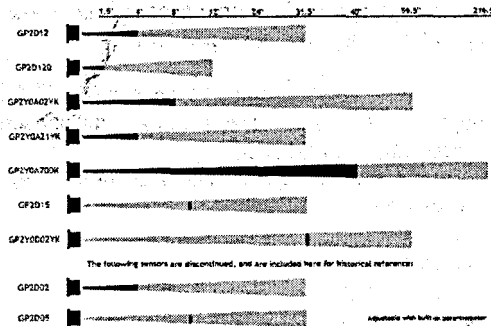


Рисунок 1

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. GP2Y0A21YK0F. Distance Measuring Sensor Unit. Sheet No.: E4-A00201EN: SHARP Corporation. – Tokio, Japan, 2006.

УДК 681.3

Никонюк А.Н., Климович А.Н.

Научный руководитель: проф. Муравьев Г.Л.

СТРУКТУРА И ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СРЕДСТВ ГЕНЕРАЦИИ СЕТЕВЫХ СПЕЦИФИКАЦИЙ

Для автоматизации тестирования моделей, обучения имитационному моделированию (для построения моделей, оценки их адекватности) требуется получать уникальные варианты архитектур сетей заданной сложности и режима функционирования – сетевые спецификации, представляющие собой наборы значений параметров и характеристик рассматриваемых систем. При этом в качестве математических моделей систем здесь рассматриваются сети массового обслуживания [1].

Сетевые спецификации должны быть корректными и уникальными, что обеспечивается следующим набором требований: управляемой сложностью; полнотой спецификации; контролируемостью спецификаций; документированностью.

Управляемая сложность сетей, их архитектуры обеспечивается использованием эмпирически и математически обоснованных правил порождения спецификаций, правилами их хранения, учета, контроля сигнатуры. Полнота обеспечивается генерацией наборов как параметров, так и характеристик функционирования сетей, выполняющих, при необходимости, роль эталонных характеристик. Контролируемость реализуется автоматическим получением соответствующих результативных моделей, их имитацией и ана-

лизом получаемых характеристик. Документированность обеспечивается процедурами генерации отчетов, содержащих сетевые спецификации, описания имитационных моделей, протоколы моделирования и т.п.

Средства генерации должны обеспечивать: учет пользовательских ограничений по сложности сетевых спецификаций, настройку алгоритмов генерации; генерацию сетевых архитектур (получение параметров сетей); генерацию имитационных моделей; моделирование (получение характеристик сетей); формирование сетевых спецификаций и наборов спецификаций; генерацию отчетов; управление базой данных сетевых спецификаций, моделей, протоколов; визуализацию результатов.

Средства системы спроектированы в объектно-ориентированной технологии, система строится как совокупность программного, информационного и лингвистического обеспечения.

Программное обеспечение включает подсистему генерации сетевых спецификаций [2], отвечающей за построение формализованных описаний моделей на основе заданных пользователем параметров, подсистему генерации имитационных моделей, выполняющей преобразование сетевых спецификаций в имитационную модель, подсистему имитационного моделирования; подсистему управления базой данных, подсистему генерации отчетов.

Для проведения моделирования используется свободно распространяемая версия системы GPSS World фирмы Minuteman Software [3]. Для обеспечения моделирования и получения на базе сгенерированных описаний сетей исполнимых имитационных моделей на языке GPSS разработаны правила генерации модельных описаний. Полученные модели используются для получения недостающих характеристик и формирования искомым сетевых спецификаций по данным выходных статистических отчетов GPSS.

Хранение результатов реализовано в XML базе данных, что обеспечивает совместимость по данным с другим системами обработки информации, а использование технологий HTML в совокупности с каскадными таблицами стилей CSS позволяет гибко генерировать отчёты любой сложности.

Лингвистическое обеспечение системы включает языковые средства GPSS, PLUS, CSS, а также средства графического описания моделей, необходимые для представления результатов генерации (сетевых спецификаций, имитационных моделей и т.п.).

Базовые сценарии использования системы: настройка, инициализация системы на заданные ограничения; генерация архитектур сетей массового обслуживания, когда заданные пользователем ограничения в процессе генерации каркасов, генерации структур, расчета параметров последовательно преобразуются в выходные формализованные структуры и сохраняются в XML базе данных; генерация имитационных моделей, реализация моделирования; подготовка отчетов загрузка описаний сетей из XML базы данных и генерация человекочитаемых html отчётов, содержащих проверочную информацию по характеристикам сети; загрузка описаний сетей из XML базы данных и генерация вариантов заданий с проверочной информацией и др.

В работе приведены требования к характеристикам средств, представлена структура системы, автоматизирующей формирование сетевых спецификаций. Разработаны и представлены иерархии классов, обеспечивающих функциональность подсистем генерации архитектур, моделей, отчетов.

Корректность алгоритмов, классов, генерируемых спецификаций, моделей проверена на специально разработанных тестах для произвольных сетей массового обслуживания с различной архитектурой, параметрами, сложностью.

Для макетирования средств использовались: язык C++ (кросс-платформенный инструментарий QT, среда разработки Microsoft Visual Studio 2008); библиотеки MFC, uBLAS, система моделирования GPSS World.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ивницкий, В.А. Теория сетей массового обслуживания / В.А. Ивницкий. – М.: Физико-математическая литература, 2004. – 772 с.
2. Муравьев, Г.Л. Компьютерная генерация спецификаций сетевых архитектур заданной сложности / Г.Л. Муравьев, А.Н. Николюк, В.И. Хвещук // Технологии информатизации и управления: сб. 2-й Межд. научно-практич. конф. (ТИМ-2011) – Минск: БГУ, 2011 – С. 50 – 53.
3. Рыжиков, Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии / Ю.И. Рыжиков. – СПб.: Корона, 2004. – 320 с.

УДК 519.853.3

Ракитский А.В.

Научный руководитель: доцент Ракецкий В.М.

РЕШЕНИЕ ПРОСТОЙ ЗАДАЧИ КВАДРАТИЧНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРЯМЫМ ОПОРНЫМ МЕТОДОМ

1. Постановка задачи. Рассмотрим задачу выпуклого программирования

$$F(x) = \frac{1}{2} x' D x + c' x \rightarrow \min \quad (1)$$

при простых ограничениях

$$d_i \leq x_i \leq d_i^*, \quad (2)$$

где $x = x(J)$ – n -вектор неизвестных, $D = D(J, J) = \{d_{ij}, i, j \in J\} \geq 0$, – постоянная матрица, $d_i = d_i(J)$, $d_i^* = d_i^*(J)$ – соответственно нижняя и верхняя границы на значения переменных, $J = \{1, 2, \dots, n\}$. Для решения задачи (1) (без ограничений) успешно используются различные методы сопряженных направлений. Однако наличие простых ограничений (2) существенно снижает эффективность этих методов, так как при каждом выходе на границу допустимых точек процедуру построения сопряженных направлений приходится начинать заново.

Прямой метод [1-3] естественным образом учитывает структуру ограничений (2) и не требует «обнуления» итерационной процедуры при выходе на границу допустимой области.

2. Алгоритм прямого опорного метода. Допустим, что $\{x, J_{оп}\}$ – согласованный опорный план (СОП) задачи (1) [1-3], $H_{оп} = D(J_{оп}, J_{оп})$, $G_{оп} = H_{оп}^{-1}$. Каждая итерация прямого метода состоит из трех шагов.

Шаг 1. Проверка достаточных условий оптимальности. Вычислим вектор оценок (градиент) целевой функции

$$\Delta = D x + c \quad (3)$$

и проверим соотношения:

$$\Delta_j \geq 0 \text{ при } x_j = d_j^*; \Delta_j \leq 0 \text{ при } x_j = d_j; \Delta_j = 0 \text{ при } d_j < x_j < d_j^*, j \in J_n = J \setminus J_{оп}. \quad (4)$$

Если условия (4) выполняются, то решение задачи (1), (2) окончено, $\{x, J_{оп}\}$ – оптимальный опорный план.

Допустим, условия (4) не выполняются. В этом случае переходим к шагу 2.

Шаг 2. Построение направления улучшения СОП $\{x, J_{оп}\}$ и расчет максимально допустимого плана. Среди оценок $\Delta_j, j \in J_n$, не удовлетворяющих условиям оптимальности, выберем оценку Δ_{j_0} с максимальной по модулю величиной. Подходящее для СОП $\{x, J_{оп}\}$ направление построим по формулам:

$$I_{j_0} = -\text{sign} \Delta_{j_0}, \quad I_j = 0, \quad j \in J_n \setminus j_0, \quad I_{оп} = G_{оп} p_{оп} \text{sign} \Delta_{j_0} \text{ при } J_{оп} \neq \emptyset, \quad (5)$$

где $p_{оп} = D(J_{оп}, J_n)$.

Вычислим максимально допустимый шаг θ^0 вдоль направления l :

$$\theta^0 = \min\{\theta_{oi}, \theta_\alpha, \theta_{j_0}\}, \quad (6)$$

где θ_{oi} – ограничение на шаг, вытекающее из учета ограничений по опорным компонентам:

$$\theta_{oi} = \begin{cases} \infty, & \text{если } J_{oi} = \emptyset, \\ \min_{j \in J_{oi}} \theta_j, & \text{если } J_{oi} \neq \emptyset, \end{cases} \quad \theta_j = \begin{cases} (d_j^* - x_j) / l_j, & \text{если } l_j < 0, \\ (d_j^* - x_j) / l_j, & \text{если } l_j > 0, \\ \infty, & \text{если } l_j = 0. \end{cases}$$

θ_α – ограничение на шаг, вытекающее из условия минимума целевой функции вдоль направления $F(x + \theta_\alpha l) = \min_{\theta} F(x + \theta l)$:

$$\theta_\alpha = \begin{cases} |\Delta_{j_0}| / \alpha, & \text{если } \alpha > 0, \\ \infty, & \text{если } \alpha = 0, \end{cases} \quad \alpha = \begin{cases} d_{j_0 j_0}, & \text{если } J_{oi} = \emptyset, \\ p_{oi} \text{sign} \Delta_{j_0} + d_{j_0 j_0}, & \text{если } J_{oi} \neq \emptyset, \end{cases}$$

θ_{j_0} – ограничение на шаг, вытекающее из учета ограничений по компоненте x_{j_0} .

Шаг 3. Построение нового СОП. Вычислим новый план $\tilde{x} = x + \theta^0 l$. В зависимости от

результатов вычисления максимально допустимого шага построим новую опору J_{oi} и соответствующую ей матрицу $\tilde{G} = [D(\tilde{J}_{oi}, \tilde{J}_{oi})]^{-1}$:

а) $\theta^0 = \theta_{j_0}$. Полагаем $\tilde{J}_{oi} = J_{oi}$ и переходим к следующей итерации. Поскольку опора целевой функции не изменилась, то $\tilde{G}_{oi} = G_{oi}$ (при $J_{oi} \neq \emptyset$).

б) $\theta^0 = \theta_\alpha$. Полагаем $\tilde{J}_{oi} = J_{oi} \cup j_0$. Если $J_{oi} = \emptyset$, то

$$\tilde{G}_{oi} = \begin{Bmatrix} l \\ d_{j_0 j_0} \end{Bmatrix}; \quad (10)$$

в противном случае \tilde{G}_{oi} вычисляется по формуле [4]

$$\tilde{G}_{oi} = \begin{pmatrix} G_{oi} + \frac{l_{oi} l_{oi}'}{\alpha} & -\frac{l_{oi}}{\alpha} \text{sign} \Delta_{j_0} \\ -\frac{l_{oi}'}{\alpha} \text{sign} \Delta_{j_0} & \frac{l}{\alpha} \end{pmatrix}.$$

в) $\theta^0 = \theta_{oi} = \theta_{j_0}$. Полагаем $\tilde{J}_{oi} = J_{oi} \setminus j_0$. При этом если $\tilde{J}_{oi} \neq \emptyset$, то

$$\tilde{G}_{oi} = G(\tilde{J}_{oi}, \tilde{J}_{oi}) - \frac{G(i_0, \tilde{J}_{oi})G(\tilde{J}_{oi}, i_0)}{G(i_0, i_0)}.$$

Итерационное применение шагов 1-3 к задаче (1),(2) позволяет за конечное число итераций найти ее оптимальный план.

3. Описание модификации прямого опорного метода. В алгоритме, описанном в п.2, весьма трудоемкой является процедура проверки достаточных условий оптимальности, поскольку требуется вычисление градиента. Ведущий индекс находится по правилу:

$$|\Delta_{j_0}| = \max_{j \in J_n^-} |\Delta_j|,$$

где J_n^- – множество индексов, на которых не выполняются достаточные условия оптимальности (4). Однако пара $\{x, J_{oi}\}$ по определению является согласованной, т.е.

$$\Delta(J_{oi}^-) = 0,$$

что позволяет не вычислять опорные компоненты градиента.

Изменим правило выбора ведущего индекса: вместо максимальной по модулю компоненты Δ_{j_0} , $j \in J_n^-$ будем выбирать первую обнаруженную не удовлетворяющую усло-

виям оптимальности (4) компоненту Δ_j , $j \in J_n$. Такое изменение позволяет существенно облегчить процедуру проверки условий оптимальности, т.к. градиент будет вычисляться только частично.

Оценить теоретически влияние внесенных изменений на эффективность метода невозможно. Поэтому проведен численный эксперимент, в ходе которого проведено сравнение базовой версии алгоритма и описанной выше модификации.

4. Результаты численного эксперимента. Базовая версия алгоритма и его модификация реализованы программно на языке программирования C++. Проведен численный эксперимент, результаты которого приведены в таблице 1:

Таблица 1 – Результаты численного эксперимента

m	n	Базовый		Модифицированный		Небазисные элементы, %	Эффект, %
		Время	Итераций	Время	Итераций		
5	50	16026	91	3079	142	90	520,49
20	50	18417	92	8818	133	60	208,86
50	50	13492	46	7699	49	13	175,24
100	100	144844	87	68055	98	14	212,83

Здесь m – ранг матрицы D , n – количество переменных, время – количество тактов процессора.

Анализ результатов показал, что модифицированная версия алгоритма в 1,5-5 раз эффективнее базовой версии.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Габасов, Р. К методам решения общей задачи выпуклого квадратичного программирования / Р. Габасов, Ф. М. Кириллова, В.М. Ракецкий: докл. АН СССР. – 1981. – Т.258, №6. – С. 1289-1293.
2. Ракецкий, В.М. Прямой опорный метод квадратичного программирования: Проблемы оптимального управления. – Минск: Наука и техника, 1981. – С. 318 – 335.
3. Габасов, Р. Конструктивные методы оптимизации / Р. Габасов, Ф.М. Кириллова, О.И. Костюкова, В.М. Ракецкий. – Мн.: Изд-во "Университетское", 1987. – Ч.4: Выпуклые задачи. – 223 с.
4. Фаддеев, Д.К. Вычислительные методы линейной алгебры / Д.К. Фаддеев, В.Н. Фаддеева. – М.: Физматгиз, 1960. – 734 с.

УДК 681.3

Рыщук А.С.

Научный руководитель: проф. Муравьев Г.Л.

ТРУДОЁМКОСТЬ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СТОХАСТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Наряду с адекватностью, результативностью и другими характеристиками степень полезности и применимости моделей и в особенности имитационных существенно зависит от их сложности, трудоемкости. Характеристики моделей определяются в процессе их аттестации, используются для оценки собственных свойств моделей, анализа влияющих факторов, для сравнения с характеристиками аналогичных моделей [1, 2].

Для стохастических сетевых моделей (ССМ) [3] сложность определяется особенностями архитектуры модели – сложностью структуры сети узлов и потоков заявок, сложностью управления обслуживанием и может быть оценена по количеству и составу параметров модели, необходимых для ее спецификации.

Трудоемкость модели как сложность вычислений оценивается количеством вычислительной работы (времени, операций, команд и т.д.), требуемой для ее реализации с целью получения набора характеристик заданной полноты и точности. Трудоемкость модели связана со сложностью самой сети. Но при ее определении учитываются особен-

ности реализации модели. Соответственно при оценке трудоемкости имитационного моделирования стохастических сетей следует говорить как о трудоемкости реализации используемого механизма, алгоритма имитации (включающего способ построения списков событий, продвижения модельного времени, метод организации квазипараллельностей [4], методы генерации случайных объектов, сбора данных, оценки характеристик и т.д.), так и о трудоемкости имитационного моделирования сети конкретной архитектуры.

Последняя для системы (алгоритма) моделирования представляет собой вероятностную вычислительную нагрузку, т.к. произвольная сеть функционирует случайным образом и соответственно задается параметрами, специфицирующими вероятностные процессы (входные, выходные, процессы изменения состояний).

Тем самым для оценки трудоемкости модели могут быть использованы подходы к оценке трудоемкости алгоритмов, обрабатывающих статистически устойчивую вычислительную нагрузку. Наиболее известны натурные, статистические методы оценки, экспертные методы, методы оценки трудоемкости на базе марковских цепей, методы на базе применения сетевых графиков и др. [3].

В работе рассмотрен подход к оценке трудоемкости имитационного моделирования на примере сетей массового обслуживания, когда модель реализуется на базе метода активностей [4], а способ продвижения времени – событийный. Соответственно модель строится как совокупность наборов активностей – процедур обработки событий, происходящих в сети, временных списков событий и других структур данных для отображения и прогнозирования состояний системы и сбора данных, образующих информационную базу (ИБ) модели и модулей управления активностями (МУ). Функционирование модели носит циклический характер: по мере продвижения времени происходят события, создаются условия для запуска активностей; методы МУ анализируют списки событий ИБ и запускают активности; активности в нужной последовательности активизируют функции, методы участвующих в них объектов; функции (методы) меняют состояние сети (ИБ).

Для оценки трудоемкости использован модифицированный подход на базе марковских цепей [3], где в качестве вершин используются только функциональные операторы (ФО). Соответственно сетевая модель отображается "усредненным" графом алгоритма, где все вершины представляют собой ФО, а дуги – переходы управления, соответствующие случайным событиям. Трудоемкость ФО в свою очередь может быть рассчитана через марковские цепи или оценена натурно, имитационно, а вероятности переходов берутся из спецификации моделируемой стохастической сети заданной конфигурации.

Рассмотрены аналитические оценки, дающие верхнюю границу трудоемкости, позволяющие оценивать "удельную" трудоемкость моделирования сети заданной архитектуры как трудоемкость обработки в расчете на одно событие, "вычислительную" трудоемкость моделирования сети, в том числе с учетом требуемой точности вычислений.

Для получения статистических оценок, выявления структуры факторов, формирующих трудоемкость модели, необходимых исходных данных для формульной оценки трудоемкости выполнена реализация сетей средствами Visual Studio C++. Модель спроектирована в объектно-ориентированной технологии [5] в виде совокупности взаимодействующих объектов, адекватно отображающих структурные компоненты сети и специфику ее функционирования. Это обеспечило возможность организации эффективного таймирования, позволило на основе полученных данных оценивать структуру трудоемкости ЯВУ-моделей сетей массового обслуживания.

Оценки трудоемкости могут быть использованы для выявления структуры факторов, формирующих трудоемкость модели, определения наиболее затратных, ресурсоемких фрагментов алгоритма имитации, неэффективно организованных функций модели, а также для выявления фрагментов, функций, процессов модели для последующего ускорения посредством распараллеливания.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Советов, Б.Я. Моделирование систем / Б.Я.Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высшая школа, 2005. – 343 с.
2. Рыжиков, Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии. – 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. Труб, И.И. Объектно-ориентированное моделирование на С++. – СПб.: Питер, 2006. – 411 с.

УДК 510

Савченко Р.Я.

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

ИНТЕГРАЛЫ ЭЙЛЕРА

Гамма-функция, или эйлеров интеграл второго рода, определяется формулой

$$\Gamma(p) = \int_0^{\infty} e^{-x} x^{p-1} dx \quad (1)$$

Этот интеграл является несобственным, так как верхний предел бесконечен. Кроме того, при $p-1 < 0$ подынтегральная функция не ограничена в окрестности точки $x=0$. Интеграл (1) сходится при $p > 0$. Каждому положительному значению p соответствует вполне определенное значение $\Gamma(p)$. Функция $\Gamma(p)$ не является элементарной.

С помощью метода интегрирования по частям докажем, что

$$\Gamma(p+1) = p \cdot \Gamma(p). \quad (2)$$

$$\text{Имеем } \Gamma(p+1) = \int_0^{\infty} e^{-x} x^p dx = \left[\begin{array}{l} u = x^p \quad du = px^{p-1} \\ dv = e^{-x} dx \quad v = -e^{-x} \end{array} \right] = -e^{-x} x^p \Big|_0^{\infty} + p \int_0^{\infty} e^{-x} x^{p-1} dx = p\Gamma(p),$$

так как при $p > 0 \quad \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^p}{e^x} = 0$. Что и требовалось доказать.

При $p = 1$ интеграл находится непосредственно:

$$\Gamma(1) = \int_0^{\infty} e^{-x} dx = -e^{-x} \Big|_0^{\infty} = 1.$$

Подставляя в формулу (2) значения $p = 1, 2, \dots, n$, получаем $\Gamma(2) = 1 \cdot \Gamma(1) = 1 = 1!$, $\Gamma(3) = 2\Gamma(2) = 2 \cdot 1 = 2!$, $\Gamma(4) = 3 \cdot \Gamma(3) = 3 \cdot 2 \cdot 1 = 3!$;

$$\Gamma(n+1) = n \cdot (n-1) \cdot \dots \cdot 2 \cdot 1 = n!. \quad (3)$$

Итак, при натуральных значениях аргумента гамма-функция совпадает с факториалом, т.е. с функцией $f(n) = n!$. Но гамма-функция определена не только при натуральных n , но и при любых положительных значениях аргумента. Из формулы (3) следует, что можно считать $0! = \Gamma(1) = 1$.

Гамма-функция определяется и при отрицательных значениях p . В этом случае необходимо применить формулу (3), переписав её в виде

$$\Gamma(p) = \frac{\Gamma(p+1)}{p}. \quad (4)$$

Если $-1 < p < 0$ то $0 < p+1 < 1$, поэтому правая часть формулы (4) имеет смысл, ею и определяется $\Gamma(p)$ при этих значениях p ; отметим, что в таком случае $\Gamma(p) < 0$. Продолжая аналогичные рассуждения, убеждаемся в том, что гамма-функция определена для всех отрицательных значениях p , $p = -k$, где $k = 0, 1, 2, \dots$ и кроме $p = 0$.

Гамма-функция определена и для комплексных значений аргумента, кроме $p = -k$, $k = 0, 1, 2, \dots$

Бета-функция, или эйлеров интеграл первого рода, определяется формулой

$$B(p, q) = \int_0^1 x^{p-1} (1-x)^{q-1} dx. \quad (5)$$

Подынтегральная функция не ограничена в окрестности точки $x=0$ при $p-1 < 0$ и в окрестности точки $x=1$ при $q-1 < 0$. Интеграл (5) сходится при $p > 0, q > 0$.

Значения бета-функции при различных значениях параметров p и q связаны между собой следующими соотношениями:

$$B(p, q) = B(q, p); \quad B(p, q) = \frac{q-1}{p+q-1} B(p, q-1), \quad q > 1; \quad B(p, 1-p) = \frac{\pi}{\sin p\pi}, \quad 0 < p < 1.$$

В случае комплексных p и q интеграл (5) сходится, когда $\operatorname{Re} p > 0, \operatorname{Re} q > 0$.

Между бета и гамма-функциями существует связь, выражаемая формулой

$$B(p, q) = \frac{\Gamma(p)\Gamma(q)}{\Gamma(p+q)}, \quad p > 0, q > 0 \quad (6)$$

Пример 1. Вычислить $\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)$ с помощью формулы (6).

Пологая в формуле (6) $p = q = 1/2$, получаем

$$\Gamma^2\left(\frac{1}{2}\right) = B\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) = \int_0^1 x^{-1/2} (1-x)^{-1/2} dx = \int_0^1 \frac{1}{\sqrt{x(1-x)}} dx = \int_0^1 \frac{1}{\sqrt{4 - \left(x - \frac{1}{2}\right)^2}} dx = \arcsin(2x-1) \Big|_0^1 = \pi.$$

$$\Gamma^2\left(\frac{1}{2}\right) = \pi.$$

Так как $\Gamma(p) > 0$ при $p > 0$, то $\Gamma(1/2) = \sqrt{\pi} \approx 1,772$.

Пример 2. Вычислить $\int_0^{\infty} e^{-x^2} dx$, который, как известно, не выражается через элементарные функции.

При вычислении этого интеграла используем результаты примера 1.

$$\text{Пологая } x = \sqrt{t}, \text{ находим } \int_0^{\infty} e^{-x^2} dx = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} e^{-t} t^{-1/2} dt = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} e^{-t} t^{(1/2)-1} dt = \frac{1}{2} \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{\sqrt{\pi}}{2}.$$

$$\text{Следовательно, } \int_0^{\infty} e^{-x^2} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2}.$$

Пример 3. Установить следующие соотношения:

$$\text{а) } \Gamma\left(\frac{3}{2}\right) = \frac{\sqrt{\pi}}{2}; \quad \text{б) } \Gamma\left(n + \frac{1}{2}\right) = 1 \cdot 3 \cdot 5 \dots (2n-1) \cdot \frac{\sqrt{\pi}}{2^n}, \quad n \in \mathbb{Z}.$$

$$\text{а) } \Gamma\left(\frac{3}{2}\right) = \Gamma\left(1 + \frac{1}{2}\right) = \left[\text{по формуле (2)} \right] = \frac{1}{2} \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{\sqrt{\pi}}{2}.$$

$$\begin{aligned} \text{б) } \Gamma\left(n + \frac{1}{2}\right) &= \Gamma\left(1 + (n-1) + \frac{1}{2}\right) = \left(n-1 + \frac{1}{2}\right) \Gamma\left(n-1 + \frac{1}{2}\right) = \left(n-1 + \frac{1}{2}\right) \cdot \left(n-2 + \frac{1}{2}\right) \cdot \Gamma\left(n-2 + \frac{1}{2}\right) = \\ &= \dots = \left(n-1 + \frac{1}{2}\right) \cdot \left(n-2 + \frac{1}{2}\right) \cdot \left(n-3 + \frac{1}{2}\right) \cdot \dots \cdot \frac{1}{2} \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \end{aligned}$$

$$= \left(n-1+\frac{1}{2}\right) \cdot \left(n-2+\frac{1}{2}\right) \cdot \left(n-3+\frac{1}{2}\right) \cdot \dots \cdot \frac{1}{2} \sqrt{\pi} = \frac{(2n-1)}{2} \cdot \frac{(2n-3)}{2} \cdot \frac{(2n-5)}{2} \cdot \dots \cdot \frac{1}{2} \sqrt{\pi} =$$

$$= 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot \dots \cdot (2n-1) \cdot \frac{\sqrt{\pi}}{2^n}$$

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гусак, А.А. Справочник по высшей математике / А.А. Гусак, Г.М. Гусак. – Мн.: Навука і тэхніка, 1991. – 480 с.
2. Задачи и упражнения по математическому анализу / под редакцией Б.П. Демидовича. – М.: Наука, 1978. – 480 с.

УДК 626.13

Согоян А.Л.

Научный руководитель: доцент Шуть В.Н.

АЛГОРИТМ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМ ПЕРЕКРЕСТКОМ

С каждым днем нагрузки на автотранспортную сеть увеличиваются. В результате чего возникла проблема регулирования движения автотранспортных потоков. В данной работе был создан алгоритм, позволяющий эффективно управлять перекрестком любой сложности, с любым количеством потоков и пешеходных переходов.

Покажем работу алгоритма адаптивного управления на перекрестке улиц Пионерской и Московской в городе Бресте. Схема перекрестка представлена на рисунке 1.

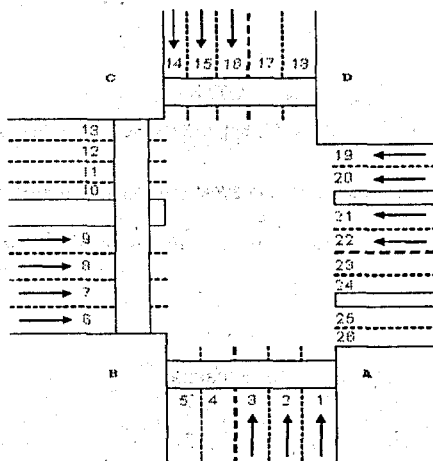


Рисунок 1 – Схема перекрестка ул. Московская и ул. Пионерская

Пешеходные переходы обозначим как АВ, ВС и CD. Полосы движения автотранспортных средств обозначили нумерацией.

Выявляем возможные направления движения транспортных средств (кроме разворота), в зависимости от полосы, на которой находится автомобиль. Вариант движения обозначим номером исходящей полосы и полосы цели.

Получим таблицу движений:

Источник	Цель	Источник	Цель
1	24	3	10
1	25	3	11
1	26	6	5
2	17	7	24

На следующем шаге построим матрицу взаимоблокировки движения автотранспортных средств при прочих равных условиях (у двух полос зеленый, при этом одна полоса зависит от другой).

В матрице на пересечении элементов в ячейках отмечаем -1 и -2. -1 означает, что данные два маршрута возможно активизировать одновременно, но при условии, что первый уступит дорогу второму. -2 означает, что данный маршрут невозможен ни при каких условиях.

Задача управления сводится к регулированию движением посредством предоставления маршруту возможности движения – включение для него зеленого сигнала. Для этого строится таблица значений маршрута.

Система адаптивного регулирования должна в режиме реального времени производить вычисление коэффициента, отвечающего за определение приоритетности включения зеленого знака светофора.

В формуле вычисления данного коэффициента обязательно должны присутствовать следующие параметры:

- оценочное количество времени для проезда всей очереди машин текущего пути;
- количество ожидающих машин;
- время последнего включения зеленого;
- время поступления первой машины в очереди;
- время поступления последней машины в очереди;

В режиме реального времени сортируем таблицу маршрутов по убыванию по значению нашего коэффициента и флагу активности. Нас интересуют только неактивные маршруты.

Перекресток отдается в полное распоряжение маршруту с лучшим коэффициентом. В матрице взаимоблокировки движения находится с выбранным маршрутом и анализируется, с какими маршрутами текущий не конфликтует. Таким образом, для неконфликтных маршрутов также загорается зеленый сигнал.

В случае, если для текущего маршрута коэффициент значительно упал, а так же время активности маршрута больше минимально возможного – отключаем маршрут – даем красный сигнал светофора.

В дальнейшем постоянно обновляем таблицу с коэффициентом и выбираем маршрут с лучшим значением. Если все параметры позволяют, выключаем маршруты, которые блокируют выбранный. Иначе ищем другой маршрут по таблице с коэффициентом.

Качество работы алгоритма зависит от формулы вычисления коэффициента маршрута, коэффициента группы маршрутов. Алгоритм может не завязываться на конкретной формуле, позволяет динамически изменять формулу расчета коэффициента, при этом никаких изменений в физическое устройство системы адаптивного управления не придется вносить.

Несложная реализация алгоритма вне зависимости от сложности перекрестка позволяет легко и быстро моделировать любой перекресток. В отличие от многих алгоритмов, структурная схема перекрестка может не упрощаться. Достоинством разработанного алгоритма управления светофором является учет пешеходных переходов.

ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

ШНЕКОВЫЙ НАСОС

Шнековые насосы, широко используемые за рубежом и выпускаемые чуть ли не во всем мире, чрезвычайно эффективные, экономичные и надежные в очистных сооружениях, при перекачке сточных вод, при очистке гидромелиоративных каналов и в рыбозащитных устройствах, у нас практически не производятся. Отнюдь не из-за технических сложностей. Просто в отечественной литературе отсутствует анализ преимуществ шнековых насосов.

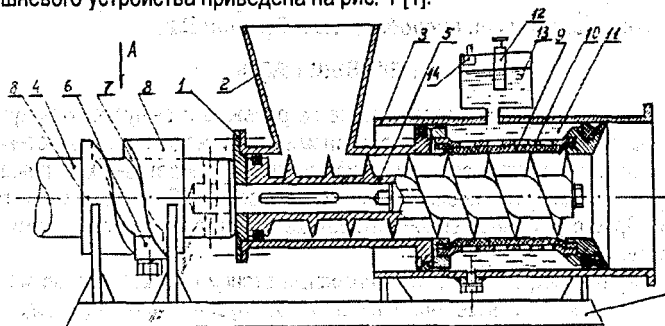
Возьмем внутригородские районные насосные станции, их количество может составлять в больших городах свыше 140. Они снижают глубину заложения подземных канализационных коллекторов. По этим коллекторам вода спускается самотеком (они наклонные). Но ниже семи метров их опускать слишком дорого – резко возрастает стоимость земляных и строительных работ, возникает опасность протечки в коллектор грунтовых вод, осадки и даже разрушения окружающих зданий и улиц. Так вот, эти станции центробежными (как правило) насосами, поднимают стоки с нижнего коллектора в верхний, находящийся на глубине промерзания (1-1,5 м). Но беда центробежных насосов в том, что они не в силах изменять свои расходы синхронно с изменением объемов поступающих стоков. А ведь город сбрасывает свои отходы неритмично – то густо, то пусто. Приходится с помощью поплавковых реле в автоматическом режиме в зависимости от объема поступающих стоков то включать в работу какое-то количество насосов, то отключать часть из них. Это значительно ухудшает работу всего электрооборудования станций, нагружает электросети всего района (пиковые режимы). Но даже не это главное. Для снижения аритмии работы центробежных насосов между ними приходится устраивать приемный резервуар, глубиной до семи метров. Туда поступает вода из коллектора, а насосы поднимают ее уже из резервуара. Но это опять-таки значительные объемы земляных и строительных работ, дороговизна, дополнительные расходы энергии на перекачку воды с больших глубин, возможные протечки, просадки фундаментов городских зданий, "неожиданные" ямы на улицах. Таких недостатков у шнекового насоса нет. Это, в общем-то, винт, установленный в корпусе и наклонно погруженный в воду. Расходы его зависят от глубины погружения и абсолютно синхронны с объемами городских стоков. Объемы стоков увеличились – вода поднялась и затопила большее количество витков шнека. Стало быть, он большее количество жидкости и поднимает вверх. Уровень снизился, и расход насоса уменьшился. Никаких реле, включений-выключений насосов, скачков энергии нет.

Но у шнекового насоса есть свои недостатки. Длина винта его более чем вдвое превышает высоту подъема им воды. Это приводит к чрезмерным деформациям шнека. Увеличивается зазор между ним и неподвижным корпусом насоса, что приводит к резкому снижению КПД: часть поднимаемой воды стекает обратно.

Кроме того, при работе в водоемах с рыбой увеличивается травмирование рыбной молоди, быстро разрушаются рабочие поверхности насоса, истираются песком и т.д.

На протяжении последних пяти лет на кафедре машиноведения проводилась работа по разработке шнековых нагнетательных устройств для текучих сред (в основном для бетона). Разработанное шнеко-поршневое устройство защищено одним патентом на изобретение и тремя патентами на полезную модель. Устройство является обратимым,

то есть может работать и как всасывающее устройство и как нагнетательное. Схема шнеко-поршневого устройства приведена на рис. 1 [1].



1 – корпус; 2- приемная воронка; 3 – разгрузочный патрубок; 4 – приводной вал; 5 – шнек; 6 – ролик; 7 – паз пространственного кулачка; 8 – неподвижные втулки; 9 – эластичная обойма; 10 – перфорированный бандаж; 11 – полость между бандажом (эластичной обоймой) и внутренней стенкой разгрузочного патрубка; 12 – воздушный насос; 13 – бак с промывочной жидкостью; 14 – предохранительный клапан

Рисунок 1 – Устройство для подачи бетона

Отличительными особенностями предлагаемого устройства (насоса) является:

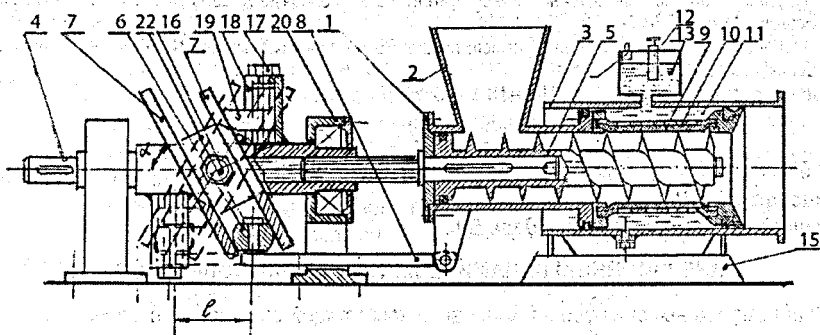
- шнек в нем, вращаясь, совершает возвратно-поступательное движение вдоль своей оси с определенным ходом и частотой;
- шнек охватывается эластичной обоймой, что исключает протечки жидкости и может быть использован в канализационных насосных станциях, обеспечивает надежность и долговечность работы;
- величина хода шнека и корпуса может регулироваться и ручным способом и автоматически.

Кроме того, эластичная обойма, обжимающая шнек, позволяет устранить вышеизложенные недостатки. При большой длине шнека его продольные деформации не позволяют снизить его надежность, так как вращаясь он поддерживается эластичной обоймой (шнек плавающий в обойме) и зазоры между корпусом и шнеком этой же обоймой практически сводятся к нулю. Поэтому протечка воды исключается, что повышает КПД насоса, а рабочие кромки шнека обжимающей обоймой притираются, что повышает надежность и его долговечность.

Схема устройства с ручной регулировкой приведена на рисунке 2 [2, 3].

Одна из причин настороженного отношения к шнековым насосам заключается в том, что они считаются более громоздкими из-за больших размеров шнека: они беззапорные и, дабы вода не стекла обратно, их ставят не вертикально, а под углом к поверхности земли, стало быть, и габариты станции увеличиваются. Но ведь именно из-за наклонного расположения шнеков удается уменьшить длину коллекторов, а они – самое дорогое (по цене), что есть в канализационных системах. Если бы центробежные насосы были заменены шнековыми, то, благодаря тому, что шнеки не только поднимают воду, но и транспортируют ее в направлении течения потока, длину коллекторов удалось бы значительно уменьшить. Мало того, глубина «шнековой» станции на 40% меньше, чем у станций с центробежными насосами. Так что надо еще посмотреть, какие станции занимают больше места. А уж об экономичности, эффективности и надежности шнеков говорить не приходится. Некоторые коммунальные службы закупают зарубежные устройства

этого типа, но они слишком дороги и КПД у них не превышает 73%. Наладить изготовление отечественных шнековых насосов, принципиально не отличающихся от винтовых насосов, не сложно.



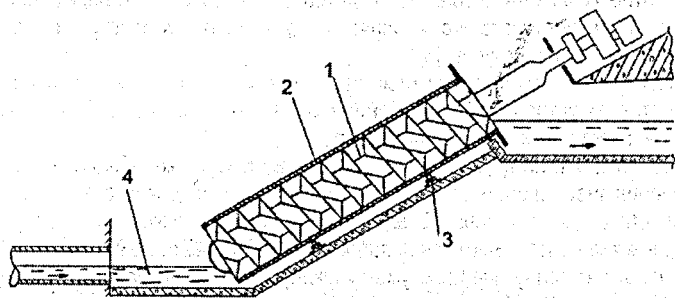
- 1 – корпус; 2 – приемная воронка; 3 – разгрузочный патрубок; 4 – приводной вал; 5 – шнек; 6 – ролик; 7 – эллиптические шайбы; 8 – толкатель; 9 – эластичная обойма; 10 – бандаж; 11 – полость; 12 – воздушный насос; 13 – бак; 14 – предохранительный клапан; 15 – рама; 16 – ось кулачка; 17 – регулировочный винт; 18 – кронштейн; 19 – упор; 20 – опора вала

Рисунок 2 – Схема устройства с ручной регулировкой хода корпуса и шнека

Схема установки шнекового насоса на канализационной насосной станции приведена на рис. 3.

Заключение. Замена на канализационных насосных станциях центробежных насосов шнековыми позволит снизить объемы строительно-монтажных работ, повысит надежность и долговечность шнековых насосов и электрооборудования станций, снизит стоимость эксплуатационных затрат.

Для информации: насосы для перекачки пульпы разработала немецкая фирма «NETZSCH». Они легко перекачивают пастообразные среды, известковое молоко и т.п. Шнек нем вращается с помощью эксцентрика, делает оборот не только вокруг своей оси, но при этом совершает колебательные движения. Таких оборотов он совершает 100 об./мин. При этом создается давление до 70 ат., экономичен, потребляет энергии вдвое меньше центробежных насосов, может использоваться в коммунальном хозяйстве, пищевой промышленности, при перекачке лечебных грязей и др. [4].



- 1 – шнек; 2 – цилиндрический корпус шнека с эластичной обоймой; 3 – опоры корпуса; 4 – приемный резервуар

Рисунок 3 – Схема установки шнекового насоса

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Устройство для подачи бетонной смеси: патент РФ на изобрет. № 9576 / В.И. Есавкин, В.А. Ранский. М.кл. – Е 04 G21/04
2. Устройство для подачи бетонной смеси: патент РФ на полезную модель № 7701 / В.И. Есавкин, А.Э. Есавкин. М.кл. – Е 04 G21/04
3. Устройство для подачи бетонной смеси: патент РФ на полезную модель № 7695 / В.И. Есавкин, А.Э. Есавкин. М.кл. – Е 04 G21/04
4. Насосы для жижи // ИР – М., 2010. – № 1. – С. 26.

УДК 534.1

Замировский А.В.

Научный руководитель: Холодарь Б.Г.

ИНЕРЦИОННЫЙ ДИНАМИЧЕСКИЙ ГАСИТЕЛЬ КОЛЕБАНИЙ

Проблема уменьшения уровня колебаний конструкций возникает в различных областях промышленного и гражданского строительства, машиностроения, приборостроения и т.д. [1-4]. Для *промышленного и гражданского строительства* проблема актуальна в основном касательно вибраций, возникающих при сейсмических и ветровых нагрузках для высотных или протяженных сооружений. Данные типы воздействий носят чрезвычайно сложный характер и до конца еще не исследованы. Пульсации ветрового потока или эпицентра сейсмически активного участка земной коры приводят к колебаниям сооружений. В этом случае при определенных условиях могут возникнуть критические (или резонансные) состояния, и напряжения в элементах конструкции значительно превышают допустимые. Что касается *машиностроения*, то вибрации (колебания) возникают при работе любой машины и особенно пагубно проявляются в машинах, где колебательные явления служат способом реализации технологических процессов. Сегодня, ввиду технического прогресса, существенно растет спектр этих вибраций – от долей герц до сотен мегагерц. Вследствие этого усиливается негативное влияние на организм человека-оператора. Циклически изменяющиеся напряжения, вызванные вибрационными воздействиями, приводят к накоплению повреждений в материале, что вызывает появление усталостных трещин, а затем и разрушение. Весьма пагубно вибрации воздействуют на точность исполнительных механизмов машины, и это естественно отражается на ее характеристиках.

В связи с этим возникает острая необходимость в разработке и применении различных виброзащитных устройств. На сегодняшний день используемые устройства принято разделять на две большие группы [3]:

- *динамические гасители* (или антивибраторы), в которых опасные колебания на резонансных частотах устраняются изменением соотношения между собственными частотами системы и частотами возмущающих сил;

- *виброизоляторы* (или демпферы), в которых амплитуда колебаний уменьшается за счет поглощения энергии элементами сухого трения во всем диапазоне частот.

В данной статье пойдет речь об *инерционном динамическом гасителе колебаний* (ДГК) или, как его еще называют, *антивибраторе*. ДГК представляет собой устройство, способное порождать силу инерции, уменьшающую амплитуду колебаний защищаемой конструкции (рисунок 1). Обычно оно состоит из дополнительной массы (1), присоединенной с помощью упругого (2) и демпфирующего (3) элементов к защищаемому узлу конструкции (4). Изобретение данного устройства связывают с именем Фрама, который в

1909 г. впервые запатентовал конструкцию ДГК и применил её для уменьшения корабельной качки [1].

Чтобы понять принцип работы данного устройства, рассмотрим теорию инерционного динамического гасителя для одномассовой системы. При вынужденных колебаниях массы m_1 (рисунок 2), подвешенной на пружине жесткости c_1 , под действием гармонической возмущающей силы амплитуда колебаний изменяется и резко возрастает вблизи резонансного режима (когда частота собственных колебаний системы, равна частоте изменения возмущающей силы). Вынужденные колебания вдали от резонансного режима менее опасны (рисунок 3), и поэтому средства борьбы с вибрациями применяются, как правило, для случая резонанса или вблизи него [2]. Покажем, что вынужденные колебания исходной системы можно полностью устранить при любой частоте возмущающей силы k , присоединив к этой системе с помощью упругой связи c_2 дополнительную массу m_2 (рисунок 4).

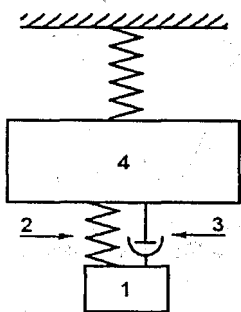


Рисунок 1 – Расчетная схема ДГК

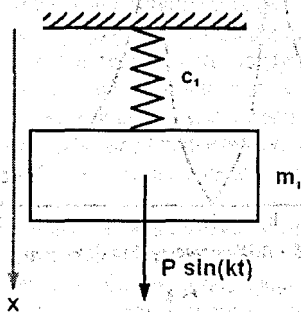


Рисунок 2 – Одномассовая система под действием гармонически изменяющейся возмущающей силы

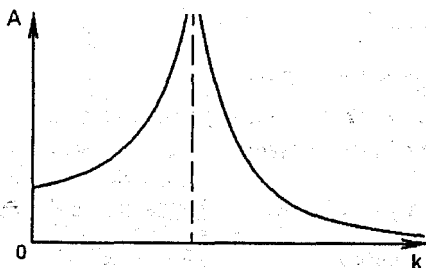


Рисунок 3 – АЧХ одномассовой системы

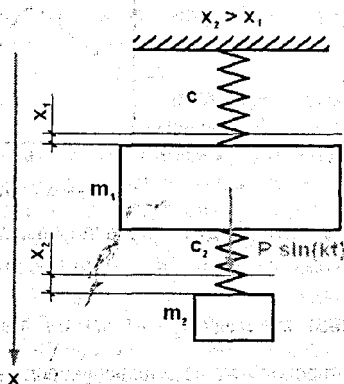


Рисунок 4 – Исходная одномассовая система с присоединенным к ней ДГК

Дифференциальные уравнения движение данной двухмассовой системы имеют вид:

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 &= P_1 \sin(kt) - c_1 x_1 + c_2 (x_2 - x_1) \\ m_2 \ddot{x}_2 &= -c_2 (x_2 - x_1) \end{aligned} \quad (1)$$

Приняв частные решения в виде $x_1 = A_1 \sin(kt)$ и $x_2 = A_2 \sin(kt)$ и подставив и вторые производные в (1), получим систему уравнений, линейных относительно амплитуд (сократив на $\sin(kt)$):

$$\begin{aligned} (c_1 + c_2 - m_1 k^2) A_1 - c_2 A_2 &= P \\ -c_2 A_1 + (c_2 - m_2 k^2) A_2 &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Решив систему (2) относительно амплитуд, находим:

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{P(c_2 - m_2 k^2)}{(c_1 + c_2 + m_1 k^2)(c_2 - m_2 k^2) - c_2^2} \\ A_2 &= \frac{P c_2}{(c_1 + c_2 + m_1 k^2)(c_2 - m_2 k^2) - c_2^2} \end{aligned} \quad (3)$$

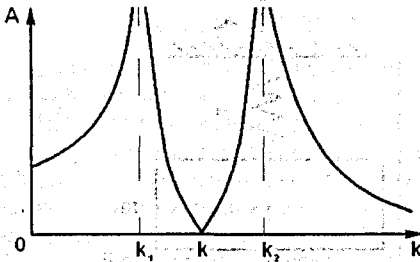


Рисунок 5 – АЧХ системы без демпфера

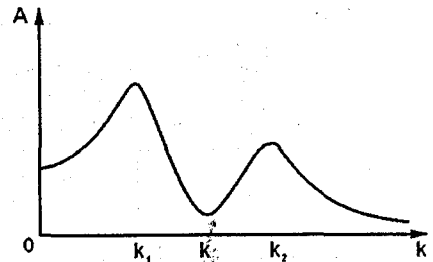


Рисунок 6 – АЧХ системы с демпфером

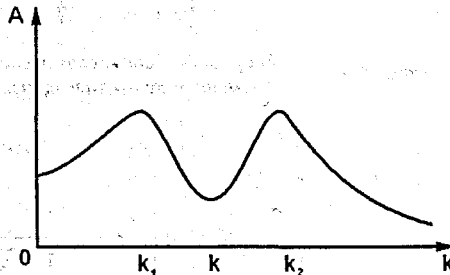


Рисунок 7 – АЧХ настроенной системы

Из этого следует, что если параметры c_2 и m_2 антивибратора подобрать так, что $(c_2 - m_2 k^2) = 0$ или $\frac{c_2}{m_2} = k^2$, то масса m_1 колебаться не будет, а масса ДГК будет колебаться по закону $x_2 = -\frac{P}{c_2} \sin(kt)$, т.е. сила в упругой связи c_2 будет равна по фазе и противоположна возмущающей силе $c_2 x_2 = -P \sin(kt)$.

Однако здесь не обходится и без четко прослеживаемой проблематики. Дело в том, что система масс m_1 и m_2 , как двухмассовая, имеет две собственные частоты k_1 и k_2 , удовлетворяющие двойному неравенству $k_1 < k < k_2$ (эти частоты можно найти, решив биквадратное уравнение, которое является знаменателем в уравнениях системы (3), приравняв его непосредственно к нулю). Если частоты k_1 и k_2 окажутся близкими к k , то любое сравнительно небольшое отступление от заданной частоты k может привести к

увеличению амплитуды колебаний (рисунок 5) [4]. Для недопущения этого предусмотрен ряд мероприятий [1-3]:

1) расширение диапазона k_1-k_2 (достигается за счет изменения соотношения $\frac{m_2}{m_1}$ или $\frac{c_2}{c_1}$);

2) между первой и второй массой добавляют, помимо упругой связи, элемент вязкого трения (демпфер). При использовании в виброгасителе элемента вязкого трения амплитуды колебаний (A_1 и A_2) тел двухмассовой системы в зоне гашения увеличиваются, в зонах резонанса уменьшаются (рисунок 6).

В целом же, хорошо настроенным antivibratorом является antivibrator с такими параметрами c_2 , b и m_2 , при которых смещение частот двухмассовой системы относительно собственных частот исходной системы является максимально возможным, а значения амплитуд вблизи частот k_1 и k_2 равны между собой (рисунок 7) [2].

Что касается области практического применения данных устройств, то она весьма широка, начиная от различных протяженных и массивных конструкций (мостов, башен) до оптимизации работы измерительных приборов. Столь широкое распространение ДГК обусловлено тем, что, во-первых, его использование может быть предусмотрено не только на стадии проектирования и создания конструкций, но и в случае, когда неудовлетворительные динамические качества конструкции выявлены уже в процессе ее эксплуатации, и, во-вторых, при сравнительно малых затратах дополнительного материала он позволяет относительно просто получить желаемый эффект уменьшения уровня колебаний [1].

Так же хотелось бы отметить тот факт, что в практике использования ДГК зачастую прибегают к установке не одного устройства, а сразу нескольких устройств (т.е. нескольких виброгасителей) [1, 3]. Это связано, например, с необходимостью защиты конструкции не на одном, а на нескольких опасных режимах (наличие нескольких резонансных режимов связано с тем, что расчетные схемы реальных конструкций и машин представ-

ляют собой многомассовые системы). Так же внедрением нескольких antivibratorов можно добиться отсутствия колебаний в определенной части конструкции.

Теперь приведем некоторые примеры практического использования ДГК. Наиболее яркими и запоминающимися конструктивными решениями являются случаи применения этих устройств для устранения опасных колебаний высотных конструкций при сейсмических и ветровых воздействиях. В целом же было доказано, что эффективность применения ДГК для башенных сооружений весьма высока: амплитуды колебаний при ветровом резонансе уменьшаются в 2-5 раз [1].

Именно с целью устранения опасных колебаний, возникающих при ветровых нагрузках, был установлен виброгаситель на Алма-Атинскую телебашню (рисунок 8).

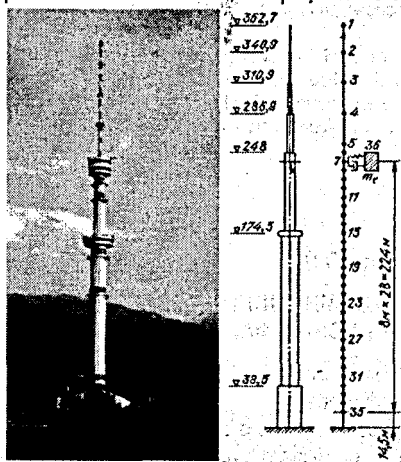


Рисунок 8 – Изображение и расчетная схема Алма-Атинской телебашни

имеет высоту 362,7 м и массу 5400 т. Гаситель установлен на отметке 238,5 м, его масса около 40 т.

Его использование позволило уменьшить амплитуду колебаний при ветровом резонансе в 3 раза [1].

Известен случай эффективного использования ДГК в высотных зданиях, например, на небоскрёбе, расположенном в столице Тайваня – Тайбэе. Этажность небоскрёба составляет 101 этаж, высота – 509,2 м., вместе со шпилем. Он является вторым по высоте в мире среди всех зданий. Для минимизации последствий сейсмических воздействий здание оборудовано двумя инерционными ДГК (рисунок 9), каждый массой 660 т [5].

В заключение хотелось бы отметить, что дальнейшее развитие теории гасителей может идти по двум направлениям. На одном из них можно ожидать разработку новых конструктивных форм гасителей, на другом необходимо заняться изучением совместного использования гасителей и других средств виброзащиты, что приведет к созданию комбинированных средств виброзащитных устройств и углублению теоретических основ данного направления.



Рисунок 9 – Реализация ДГК в конструкции небоскрёба

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Корнев, Б. Г. Динамические гасители колебаний: Теория и технические приложения. / Б.Г. Корнев, Л.М. Резников. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – С. 1–15, 216–286.
2. Левитский, Н. И. Колебания в механизмах: учеб. пособие для вузов. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – С. 304–308.
3. Вибрации в технике: справочник: в 6-ти т. / Ред. совет: В. Н. Челомей (пред.). – М.: Машиностроение; 1981. – Т. 6: Защита от вибрации и ударов / Под ред. К. В. Фролова. – 1981. – С. 326–354.
4. Штейнвольф, Л. И. Динамические расчеты машин и механизмов. – 1961. – С. 225–236.
5. Сейсмостойкое строительство – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>

УДК 621.91.01

Костючик Ю.И.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Горбунов В.П.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СМЕЩЕНИЯ ОСИ ШПИНДЕЛЯ ТОКАРНОГО СТАНКА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ

Целью настоящей работы является определение изменения положения оси шпинделя токарного станка под воздействием силовых факторов.

Шпиндель, являющийся конечным звеном привода главного движения и предназначенный для крепления инструмента или заготовки, оказывает существенное влияние на точность, производительность и надёжность всего станка [1]. Неконтролируемое смещение оси шпинделя может привести к ухудшению показателей геометрической точности обрабатываемой детали, таких как отклонения формы, точность линейных размеров, отклонения расположения поверхностей.

В процессе работы станка на положение оси шпинделя воздействуют внешние и внутренние факторы. Основными факторами являются: силы резания (выражаются в упругих деформациях элементов шпинделя); силы приводных элементов; тепловые деформации шпинделя (заключаются в перекосе базирующих поверхностей шпинделя). Дополнительными факторами являются: зазоры-натяги в соединениях; масса шпинделя; дисбаланс вращающихся частей; частота вращения шпинделя; внутренние напряжения шпинделя; масса закрепляемой детали; привод; окружающая среда. Эти факторы являются переменными.

Существующие методы компьютерного моделирования заключается в использовании метода конечных элементов, реализуемого в приложениях графических программ (Компас 3D, T-FLEX CAD, SolidWorks).

Для моделирования смещения оси шпинделя проектируемого токарно-винторезного станка на базе станка модели 16K20 использовался комплект программ Компас 3D. Исходными данными для расчёта являются: длина межопорного расстояния – 600 мм; вылет консольной части шпинделя – 134 мм; расстояние от приводного элемента до передней опоры – 152 мм; средний диаметр консоли – 100 мм; средний диаметр межопорной части шпинделя – 80 мм; диаметр отверстия – 50 мм; материал шпинделя сталь 40X; расчётная частота вращения – 160 мин⁻¹; осевую нагрузку воспринимает передняя опора. Для нагружения разрабатываемой модели принимаются составляющие силы резания P_x , P_y , P_z , реакции в передней и задней опорах, силы от приводного элемента, которые получены в процессе расчёта. Наибольшее влияние на смещение оси шпинделя в радиальном направлении оказывает тангенциальная составляющая силы резания P_z , максимальное значение которой составляет 8576 Н. Тангенциальная и радиальная силы, действующие на приводной элемент F_t и F_r , соответственно равны 9756 Н и 3550 Н. Рассматривались два варианта конструктивного оформления передней опоры шпиндельного узла.

Вариант 1: В передней опоре шпинделя устанавливается радиально-упорный конический двухрядный подшипник типа 97520 ГОСТ 6364-78.

Вариант 2: В передней опоре шпинделя устанавливается однорядный радиально-упорный роликовый конический подшипник типа 1627320А ГОСТ 27365-87.

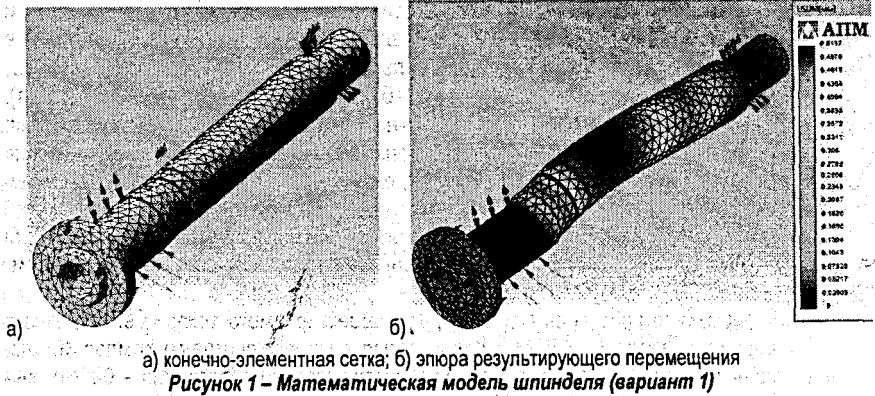
В задней опоре устанавливается для обоих вариантов однорядный радиально-упорный роликовый конический подшипник типа 1627316А ГОСТ 27365-87.

При построении математической модели шпинделя жёстко закрепляются шейки, на которые устанавливаются подшипники.

На модель накладывается конечно-элементная сетка (шаг: равен 20; максимальный коэффициент сгущения на поверхности $K_s = 1,0$; коэффициент разрежения в объёме $K_v = 1,0$) – рисунок 1, а. Приложение APM FEM составляет уравнения, которые устанавливают взаимосвязь между перемещениями, закреплениями и нагрузками (составляющие силы резания, силы приводного элемента). По расчётным данным строятся эпюры перемещений по осям X, Y, Z и эпюра результирующего перемещения, показанная на рисунке 1, б. Схема разгружена от привязок элементов.

На рисунке 2 показана результирующая эпюра перемещений для второго варианта конструкции шпиндельного узла.

По полученным эпюрам (см. рисунки 1, б и 2) можно определить суммарное перемещение консольной части шпинделя, которое составляет для первого варианта 0,07826 мм; для второго – 0,05387 мм.



По величине перемещения консольной части шпинделя, можно найти угловое смещение его оси из уравнения

$$\frac{\Delta}{a} = \operatorname{tg} \alpha = \alpha,$$

где Δ – перемещение консольной части; a – вылет консольной части.

Угловое смещение первого варианта составляет шесть угловых секунд; второго – пять.

Анализ полученных эпюр результирующего перемещения позволяет сделать вывод, что прогиб в межопорной части шпинделя у второго варианта конструкции больше, что ухудшает динамические показатели точности станка. Поэтому, несмотря на большую величину смещения консольной части шпинделя, использование первого варианта конструкции шпинделя более предпочтительно.

Полученные в процессе моделирования теоретические исследования позволяют по известным значениям сил резания и получаемым эпюрам результирующего перемещения спрогнозировать смещение в радиальном направлении оси шпинделя. Это позволит внести коррекцию в систему управления станка для повышения точности обработки.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кочергин, А.И. Конструирование и расчёт металлорежущих станков и станочных комплексов. – Минск: Высшая школа, 1991. – 384 с.
2. Металлорежущие станки: учебник для машиностроительных вузов / Под ред. В.Э. Пуша. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с., ил.

УДК 621.833

Романюк А.С.

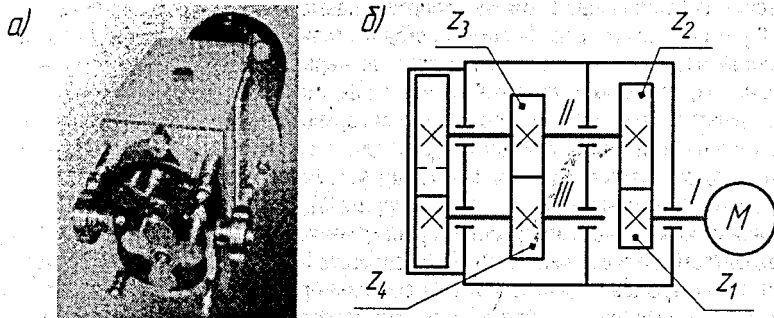
Научные руководители: доцент, к.т.н. Григорьев В.Ф.,
ст. преподаватель Дакало Ю.А.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СИНХРОНИЗИРУЮЩИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС РОТОРНЫХ НАСОСОВ

Увеличение выпуска конкурентоспособной продукции машиностроения стимулирует поиск и внедрение экономичных и производительных методов обработки.

Так, при изготовлении роторных насосов серий НМ, НР, ВЗ-ОР2-А-2 была поставлена задача замены зубошлифования синхронизирующих зубчатых колёс более производительным и дешёвым методом обработки. Было предложено заменить операцию зубошлифования последующей приработкой в процессе эксплуатации.

Насосы роторные предназначены для перекачивания по трубам вязких молочных продуктов (сливки, концентрированное и сгущённое молоко с концентрацией не выше 45%, смеси для мороженого и кисломолочные продукты) с температурой до 70°C. Рабочие органы насоса – роторы типа колёс Рутса (рисунок 1,а) посажены на валы II, III (рисунок 1,б) и заключены в корпус. Крутящий момент с вала двигателя I передаётся через шестерню z_1 на зубчатое колесо z_2 . Для синхронного вращения роторов в насосе служит зубчатая пара (зубчатое колесо z_4 и шестерня z_3). Продукт через всасывающий патрубок заполняет свободные промежутки между лепестками роторов и при их вращении порциями подаётся в нагнетательный трубопровод.



а – общий вид; б – схема кинематическая принципиальная

Рисунок 1 – Насос роторный

Шлифование зубьев является распространенным и точным методом отделки зубчатых колес, обеспечивающим надежные результаты. Обычно шлифованию подвергаются зубья ответственных цементированных и закаленных колес. Зубошлифование остаётся трудоёмким и дорогостоящим методом отделки, позволяющим получать требуемое ка-

чество поверхности, в первую очередь шероховатость. Основанием для отказа от абразивной обработки колес и переноса отделочной обработки на этап приработки могут служить следующие соображения.

Под оптимальной эксплуатационной шероховатостью понимается воспроизводимая в стационарных условиях шероховатость, которой соответствует наименьшая интенсивность изнашивания. Под определением «равновесная шероховатость» предлагается понимать шероховатость, устанавливающуюся на фрикционном контакте в процессе приработки.

Равновесная шероховатость, устанавливающаяся на трущихся телах, зависит от ряда факторов: механических свойств поверхностей, смазки, условий работы, конфигурации сопряженных поверхностей и т. д.

Исследованиями [1, 2] установлено, что в процессе приработки устанавливается вполне определенная шероховатость. Имеются также утверждения о том, что высокая начальная гладкость поверхности является наилучшей в отношении длительности и качества процесса приработки.

Для каждого конкретного сопряжения имеется своя наиболее рациональная шероховатость. Если такую шероховатость сообщить поверхности в процессе механической обработки, то величина износа и длительность приработки трущихся поверхностей будут минимальными. Однако вопрос об оптимальной шероховатости теоретически не был решен, и для различных условий работы ее устанавливали экспериментально. Наиболее целесообразным является такой вид технологической отделочной обработки, при котором параметры шероховатости R_a , R_z и t_p наиболее близко соответствуют параметрам приработанных поверхностей.

Процесс приработки сопряженных поверхностей сопровождается сложными необратимыми явлениями, протекающими в тонком поверхностном слое. При приработке изменяются физико-механические, теплофизические свойства поверхностных слоев, макро- и микрогеометрия. В начальный период приработки происходит интенсивное изнашивание неровностей, полученных при механической обработке, их дробление и пластическое деформирование, обычно сопровождаемое наклепом тонкого поверхностного слоя [3]. В результате приработки происходит сглаживание наиболее выступающих неровностей, частичное или полное уничтожение первоначальных неровностей и установление новых, отличных от первоначальных по форме и размерам [4, 5].

В результате приработки материальная поверхность приходит к такому физическому состоянию и такой структуре, при которых поверхностный слой обладает минимальной потенциальной энергией, т. е. представляет устойчивую систему, допускающую в данных условиях минимальную диссипацию энергии [6].

Одной из важных закономерностей приработки является независимость равновесной шероховатости от первоначальной шероховатости [7]. На рис. 2 приведен график изменения параметра шероховатости R_a во времени при приработке, из которого следует, что при выбранных условиях работы, любая шероховатость приходит к равновесной R_a пр.

Таким образом, с точки зрения износа шероховатость поверхности не зависит от первоначальной шероховатости, полученной при механической обработке. При этом шероховатость поверхности, образованная при трении, не может быть точно воспроизведена путем механической обработки.

Первоначальная шероховатость влияет на продолжительность приработки: чем больше отличается шероховатость, полученная при механической обработке, от шеро-

ховатости, устанавливающейся после приработки, тем больше продолжительность испытаний. Плохо приработавшиеся детали быстро изнашиваются.

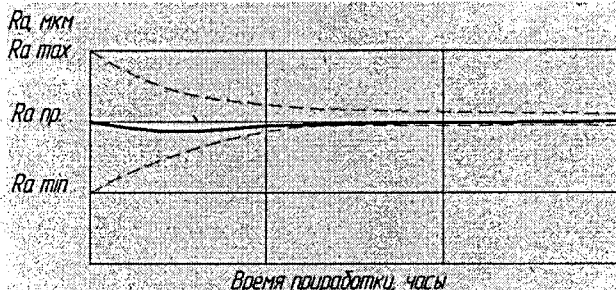


Рисунок 2 – График изменения параметра шероховатости Ra во времени при приработке

Для мягких и среднетвердых сталей первоначальная шероховатость рабочей поверхности после кратковременной приработки приобретает постоянный вид (называемый эксплуатационной шероховатостью), который мало изменяется во время работы и не зависит от величины первоначальной шероховатости. В связи с этим очевидно, что добиваться очень высокой гладкости поверхностей контакта нецелесообразно, так как гладкость таких поверхностей при работе все равно ухудшается.

На основании вышеприведенных положений были сформулированы технические мероприятия по совершенствованию технологии обработки: зубошлифование исключается из техпроцесса, зубонарезание производится более точными червячными фрезами, предшествующая абразивной обработке закалка ТВЧ заменяется улучшением.

По исходному рабочему чертежу точность колёс по нормам кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев соответствует 7-й степени точности, шероховатость эвольвентных поверхностей зубьев $Ra = 1,6$ мкм, твёрдость зубьев HRC 43...48.

Снижение твёрдости до HB 269...302 (HRC 28...33) позволило заменить операцию шлифования фрезерованием с использованием более точной фрезы класса AA - 2510-4014AA P18 ГОСТ 9324-80, обеспечивающей седьмую степень точности по трем нормам [8]. При этом отделка для достижения эксплуатационной шероховатости переносится на этап приработки.

Так как твёрдость зубьев в разработанном варианте технологического процесса была снижена, то было принято решение произвести проверочный расчёт на прочность и долговечность активных поверхностей зубьев до и после изменения техпроцесса [9]. Методика предусматривает расчёт контактных напряжений на активных поверхностях зубьев и сравнение их с допустимыми значениями, при которых будет обеспечен требуемый уровень прочности и долговечности колёс. В результате расчётов были получены следующие значения напряжений: для шлифованного колеса $\sigma_H = 397,9$ МПа, для фрезерованного – $\sigma_H = 397,8$ МПа, что меньше допустимых значений $[\sigma_H] = 1586,3$ МПа для шлифованного колеса и $[\sigma_H] = 704,4$ МПа для фрезерованного колеса. Таким образом, даже при меньшей твёрдости зубьев и большей шероховатости эвольвентных поверхностей прогнозируется заданный срок службы зубчатых колёс.

Кроме этого, было предложено исключение из технологического процесса плоскошлифовальной операции шлифования торца колеса, сокращение числа контрольных операций с восьми до шести, а также слесарных с девяти до семи. В результате пред-

ложенных изменений технологии штучно-калькуляционное время изготовления колёс сократилось на 20 минут (на 31%), а следовательно, снизилась себестоимость их изготовления.

После изготовления зубчатых колёс и последующих испытаний собранных насосов на стенде было произведено измерение шероховатости шлифованных и фрезерованных зубьев с помощью прибора для профильного измерения шероховатости TR200. Были получены следующие результаты: шероховатость шлифованного колеса до приработки $Ra3,3 \pm 20\%$, после – $Ra2,5 \pm 13\%$; шероховатость фрезерованного колеса до приработки $Ra5,3 \pm 28\%$, после – $Ra3,4 \pm 20\%$.

В качестве иллюстрации приближения шероховатости, полученной различными методами, к оптимальной равновесной на рисунке 3 приведены кривые относительной опорной длины профиля t_r .

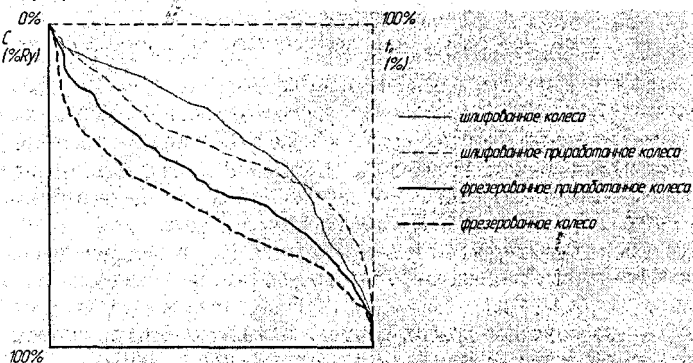


Рисунок 3 – Кривые относительной опорной длины профиля t_r

Таким образом, в обоснованных случаях можно рекомендовать замену зубошлифования приработкой без снижения эксплуатационных качеств зубчатых колёс.

Предложенное изменение технологии изготовления роторных насосов было внедрено на машиностроительном предприятии в 2011 г, и за прошедший период времени рекламий по качеству изделий не поступало.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дьяченко, П.Е. Влияние шероховатости поверхности на её износ // Качество поверхностей деталей машин. – М. – М.: МАШГИЗ, 1949. – С. 30–31.
2. Дьяченко, П.Е. Современные направления в области обеспечения высокого качества поверхностей деталей. НТО МЛШПРОМ. – М., 1960. – С. 16.
3. Дриц, М.Е. Влияние микрогеометрии и микроструктуры поверхностей трения на их износостойкость. Качество обработанных поверхностей деталей машин. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – № 4.
4. Косенко, П.А. Оптимальная шероховатость трущихся поверхностей: Качество обработанных поверхностей. – 1954. – Кн. 34. – С. 85.
5. Костецкий, Б.И. Качество поверхности и трение в машинах / Б.И. Костецкий, Н.Ф. Колесниченко. – Киев: Техника, 1969. – 215 с.
6. Щедров, В.С. Исследование процессов трения и износа на скользящем контакте: докт. дисс. – М., 1953.
7. Комбалов, В.С. Влияние шероховатости твердых тел на трение и износ. – М.: Наука, 1974. – 112 с.
8. Производство зубчатых колёс: справочник / С.Н. Калашников, А.С. Калашников, Г.И. Коган [и др.]; под общ. ред. Б.А. Тайца. – 3-е изд., перераб. и дополн. – М.: Машиностроение, 1990. – 464 с.
9. Курсовое проектирование деталей машин / В.Н. Кудрявцев, Ю.А. Державец, И.И. Арефьев [и др.]; под общ. ред. В.Н. Кудрявцева. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. – 440 с.

КОНТРОЛЬ ШЕРОХОВАТОСТИ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС

Шероховатость поверхности пары трения является важным показателем качества поверхностного слоя деталей, определяющим их ресурс. Поэтому совершенствование технологии изготовления ответственных деталей предполагает контроль параметров шероховатости поверхностей трения для приближения их значения к параметрам оптимальной равновесной шероховатости. Прогнозируется широкое использование приборов для измерения параметров шероховатости в связи с перспективой внедрения стандарта

Так, при отработке технологии изготовления синхронизирующих зубчатых колёс роторных насосов серий НМ, НР, ВЗ-ОР2-А-2 возникла необходимость измерения шероховатости эвольвентных поверхностей данных колёс после зубонарезания и зубошлифования.

Как известно, форма и размеры неровностей, измеренные в различных направлениях, могут существенно отличаться [1]. Высота неровностей поверхности, измеренная в направлении движения резания вдоль обрабаточных рисок (при строгании на продольно-строгальном станке в направлении возвратно-поступательного движения стола, при точении и круглом шлифовании по винтовой линии), характеризует продольную шероховатость поверхности. Высота неровностей, измеренная перпендикулярно к движению резания (по направлению поперечной подачи при строгании, точении, шлифовании и т.п.), характеризует поперечную шероховатость поверхности. В связи с тем, что такие факторы, как геометрическая форма режущего инструмента и величина подачи, отражаются только на поперечной шероховатости, размеры поперечной шероховатости обычно в два-три раза превышают продольную шероховатость. Вследствие этого оценку степени шероховатости поверхности заготовки обычно производят на основании измерения поперечной шероховатости. При некоторых методах обработки (торцовое фрезерование, доводка) продольная и поперечная шероховатости имеют одинаковые значения и могут измеряться в обоих направлениях.

При определенных условиях обработки, в частности при возникновении вибраций или высокой степени пластической деформации поверхностного слоя металла, продольная шероховатость может резко возрасти и превысить поперечную шероховатость. Совершенно очевидно, что в подобных случаях оценку шероховатости поверхности следует производить на основании измерений не поперечной, а продольной шероховатости.

Применительно к эвольвентным рабочим поверхностям прямозубых колес за направление измерения было принято направление вдоль эвольвенты, соответствующее относительному обкатному движению при работе. При таком выборе особенностью контроля шероховатости рабочих поверхностей зубьев зубчатых колёс является необходимость измерения по криволинейной (эвольвентной) траектории в условиях ограниченного пространства впадины зубьев с модулем 2 мм.

Измерение шероховатости производилось портативным прибором для профильного измерения шероховатости TR200 (Time Group Inc.), который позволяет контролировать тринадцать параметров шероховатости, отвечающих стандартам ISO, DIN, ANSI и JIS. Помимо имеющихся в ГОСТ 24773-81 шести параметров, измеряются, выводятся на дисплей или вводятся в персональный компьютер параметры: R_q – среднеквадратическое отклонение профиля, R_z (DIN) – наибольшая высота профиля, R_t – общая высота неровностей, R_p – высота наибольшего выступа профиля, R_m – глубина наибольшей

впадины профиля, S_k – асимметрия профиля, R_{3z} – высота неровностей по трем максимальным значениям. Также прибор позволяет выводить на дисплей кривые профиля поверхности и коэффициента опорной длины l_p .

Измеритель шероховатости TR200 позволяет производить измерения с использованием четырёх фильтров:

- профильные фильтры RC (соответствует фильтру λ_s по ИСО 4287:1996), PC-RC, Гаусса (DIN4777) – отделяют шероховатость от волнистости;
- D-P (прямой фильтр) – выбор средней линии с помощью алгоритма наименьших квадратов.

Прямой фильтр D-P соответствует профилю, не подвергнутому фильтрации (соответствует фильтру λ_s по ИСО 4287:1996). Для отстройки профиля эвольвенты при измерениях использовался RC-фильтр.

При определении параметров шероховатости в поперечном направлении с помощью данного прибора возникла следующая проблема: штатный щуп профилометра не мог измерить шероховатость из-за его размеров ввиду малого пространства впадины зубчатых колес.

Для обеспечения доступа к поверхности измерения зубчатые колеса были разрезаны на электроэрозионном станке. Однако измерение шероховатости таким способом не всегда приемлемо, так как колеса больше не пригодны к использованию.

Объектами контроля являлись фрезерованные и шлифованные приработанные и неприработанные зубчатые колеса с модулем $m = 2$ мм и числом зубьев $z = 40$. С помощью встроенного интерфейса RS232 результаты измерения заносились в персональный компьютер.

На рисунке 1 приведены кривые профиля реальной поверхности (Original) и прошедшей обработку через фильтр (Filtered) фрезерованного и шлифованного колес. Численные значения параметров шероховатости эвольвентных поверхностей зубьев приведены в таблице 1.

Очевидно, что при контроле шероховатости рабочих поверхностей зубьев мелкозубчатых колес более удобным является измерение в продольном направлении вдоль оси колеса.

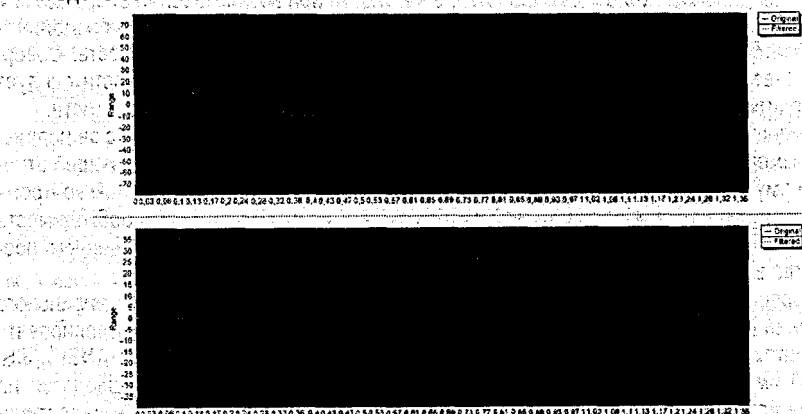


Рисунок 1 – Профиллограммы фрезерованной (сверху) и шлифованной (снизу) поверхностей: Original – реальная поверхность; Filtered – поверхность, прошедшая обработку через фильтр

С целью установления возможности неразрушающего контроля была предпринята попытка установления функциональной зависимости значений параметров продольной и поперечной шероховатости.

Проверка зависимости параметров продольной и поперечной шероховатости производилась с помощью корреляционного анализа [2]. Корреляционный анализ представляет собой меру зависимости переменных, т.е. насколько достоверно различие между ними. Чем больше по абсолютной величине коэффициент корреляции (от -1 до +1), тем сильнее зависимость между величинами. Проверка на достоверность найденного коэффициента корреляции производится по критерию Стьюдента t_n

$$t_n = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \quad (1)$$

где n – количество измерений; r – коэффициент корреляции.

Критическое значение критерия Стьюдента $|t_n|$ определяется по таблицам ([2]) в зависимости от заданной вероятности и количества измерений. Если имеет место неравенство $|t_n| < t_{cr}$, то принимают $r = 0$ и делают вывод, что связи между величинами нет. В противном случае утверждают обратное.

Корреляционный анализ производился для различных параметров шероховатости (R_a , R_z , R_m , S , S_m) фрезерованных, шлифованных, зубчатых колёс прошедших приработку при следующих значениях величин: число измерений $n = 5$, вероятность $p = 0,9$, критическое значение критерия Стьюдента $|t_n| = 2,353$.

Результаты измерений шероховатости в двух направлениях и корреляционного анализа параметров приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерений шероховатости и корреляционного анализа

№ п/п	R_a пр., мкм	R_a поп., мкм	R_z пр., мкм	R_z поп., мкм	R_m пр., мкм	R_m поп., мкм	S пр., мм	S поп., мм	S_m пр., мм	S_m поп., мм
Шлифованные зубья										
1	0,221	3,827	0,634	3,19	0,62	8,25	0,123	0,1066	0,2	0,5333
2	0,257	3,754	0,785	3,65	0,779	10,85	0,0571	0,0842	0,1777	0,0533
3	0,139	3,811	0,43	2,969	0,32	10,05	0,0727	0,0761	0,32	0,8
4	0,1	4,002	0,194	3,345	0,279	7,639	0,0592	0,0941	0,4	0,533
5	0,126	3,825	0,44	3,71	0,6	10,09	0,0666	0,0727	0,1333	0,32
r	-0,7160		0,2543		0,5256		0,6824		0,6230	
t_n	1,7765		0,4555		1,0700		1,6168		1,3795	
Шлифованные зубья, прошедшие приработку										
1	0,262	2,589	0,694	3,289	1,019	6,079	0,16	0,0347	0,2285	0,2666
2	0,172	2,239	0,494	3,359	0,419	5,4	0,0941	0,038	0,2	0,2666
3	0,235	1,697	0,494	4,139	0,62	4,599	0,1066	0,0258	0,2666	0,16
4	0,223	2,029	0,714	4,639	0,64	6,199	0,123	0,04	0,1777	0,2
5	0,188	2,922	0,525	3,599	0,32	7,119	0,1	0,0533	0,2285	0,2666
r	-0,2140		0,2921		-0,1873		-0,2488		-0,3169	
t_n	0,3794		0,5290		0,3302		0,4450		0,5786	
Фрезерованные зубья										
1	1,182	6,047	3,714	10,47	2,299	14,52	0,08	0,08	0,16	0,2666
2	0,912	5,634	2,299	10,77	1,9	15,27	0,0666	0,08	0,16	0,2
3	1,697	6,906	4	8	6,119	22,28	0,1142	0,0727	0,16	0,4
4	2,239	5,723	8,055	9,359	10,6	14,19	0,2285	0,0888	0,2285	0,266
5	0,701	6,671	2,579	5,079	2,2	13,76	0,08	0,0615	0,1333	0,4
r	-0,1492		0,1760		0,1764		0,6028		-0,4141	
t_n	0,2613		0,3097		0,3104		1,3087		0,7879	

Как видно из таблицы, корреляционная связь между измеренными параметрами отсутствует, т.е. функциональная зависимость между значениями параметров продольной и поперечной шероховатости не выявлена.

Альтернативными методами неразрушающего определения параметров шероховатости эвольвентных поверхностей зубчатых колес может служить метод слепков, либо использование специального щупа TS120 к профилометру TR200 с мини-иглой для измерения шероховатости в каналах диаметром от 2-х мм.

В результате выполненной работы разработана цеховая методика профильного контроля шероховатости эвольвентных поверхностей прямозубых колес, пригодная для использования при отработке технологии.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Суслев, А.Г. Назначение, обозначение и контроль параметров шероховатости поверхностей деталей машин / А.Г. Суслев, И.М. Корсакова – М.: Издательство МГИУ, 2010. – 111 с.
2. Филонов, И.П. Вероятностно-статистические методы оценки качества в машиностроении: учебное пособие / И.П. Филонов, А.И. Медведев – Мн.: Тесей, 2000. – 128 с.

УДК 681.5

Громада В.В., Янкович Е.И.

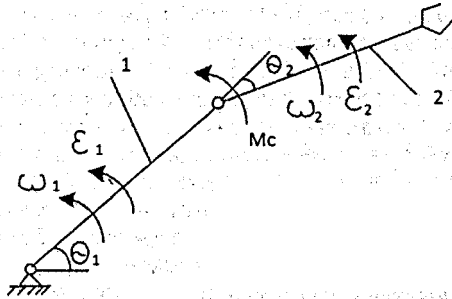
Научный руководитель: доцент Прокопеня О.Н.

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ДВУХЗВЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА

Сложность задачи синтеза обусловлена тем, что приводы отдельных звеньев оказывают влияние друг на друга при совместной отработке перемещений. В результате характер результирующего движения может не соответствовать показателям качества переходных процессов, обеспечиваемым каждым приводом в отдельности при независимой работе. Это должно учитываться при проектировании. Оно может осуществляться двумя способами. В первом случае система рассматривается как взаимосвязанная с двумя входами и двумя выходами. Расчет такой системы является достаточно сложным. Для проектирования необходимо использовать математическую модель, учитывающую наличие всех приводов и взаимосвязей между ними.

Во втором случае приводы проектируются как независимые системы автоматического регулирования (САР) по перемещению. Это позволяет рассчитывать каждый привод отдельно, что значительно упрощает расчет. Следует отметить, что даже в этом случае САР обычно является многоконтурной, так как помимо главной обратной связи по перемещению используют обратные связи по скорости, току двигателя и другим переменным. Качество работы такой системы на практике будет зависеть от того, насколько сильно взаимное влияние приводов будет проявляться при реальной работе. Для того чтобы исключить нежелательные ситуации при работе системы, желательно заранее исследовать ее поведение в различных режимах. Для этого опять же требуется полная математическая модель.

Таким образом, при любом подходе задачу синтеза системы управления манипулятором целесообразно решать с использованием математической модели, учитывающей взаимосвязь между приводами отдельных звеньев. Созданию такой модели посвящена данная работа. Задача решалась для двухзвенного манипулятора с шарнирно сочлененной рукой, схема которого представлена на рис. 1.



1 и 2 – звенья манипулятора; ω_1 и ω_2 – угловые скорости звеньев в относительном движении; ϵ_1 и ϵ_2 – угловые ускорения; θ_1 и θ_2 – углы поворота звеньев; M_c – момент в сочленении, создаваемый приводом второго звена

Рисунок 1 – Схема двухзвенного манипулятора

Данный манипулятор состоит из двух звеньев с поворотным движением. Привод осуществляется от двигателей постоянного тока 2ПБ180МУХЛ4 мощностью 9,5 кВт и 4,5 кВт. Параметры двигателей приведены в [1].

Описание приводов выполнено уравнениями состояния [2]. В качестве переменных состояния приняты угол поворота, угловая скорость и ток якоря двигателя. Каждый привод синтезирован отдельно методом размещения полюсов и представляет собой трехконтурную САП с обратными связями по переменным состояния. За счет выбора полюсов в каждом приводе обеспечивается монотонный переходный процесс по перемещению.

Разработанные модели приводов объединены в единую модель посредством сигналов, через которые осуществляется взаимодействие приводов. Так, на привод звена 1 через дополнительный вход подается сигнал тока двигателя второго звена, а на привод звена 2 подается сигнал ускорения первого звена. Полученная модель реализована в приложении SIMULINK среды программирования MATLAB, как показано на рис. 2.

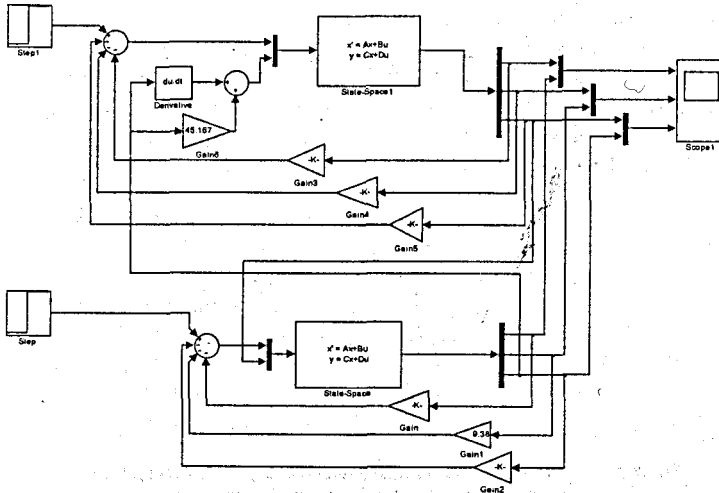


Рисунок 2 – Модель системы двухзвенного манипулятора в приложении SIMULINK

Модель имеет два входа, на которые от генераторов ступенчатой функции подаются заданные перемещения звеньев манипулятора. На осциллограф выводятся кривые изменения углов поворота звеньев, угловых скоростей и токов двигателей. Вид осциллограммы при отработке перемещения в 1 радиан приводом первого звена приведен на рис. 3.

Данная осциллограмма показывает, что даже при нулевом задающем сигнале в приводе второго звена имеет место переходный процесс, обусловленный возмущающим действием привода первого звена. Он носит колебательный характер с начальной амплитудой 0,18 рад и имеет большую длительность, чем переходный процесс в приводе звена 1. Время установления для первого привода примерно 0,3 с, а для второго 0,5 с. В момент завершения движения первым звеном, отклонение второго составляет 0,05 рад. Следовательно, из-за взаимного влияния приводов время отработки заданного перемещения манипулятором возрастает в данном случае на 0,2 с.

Таким образом, представленная модель позволяет исследовать работу системы управления движением при различных способах подачи задающих сигналов и подобрать наилучший алгоритм управления для конкретных условий.

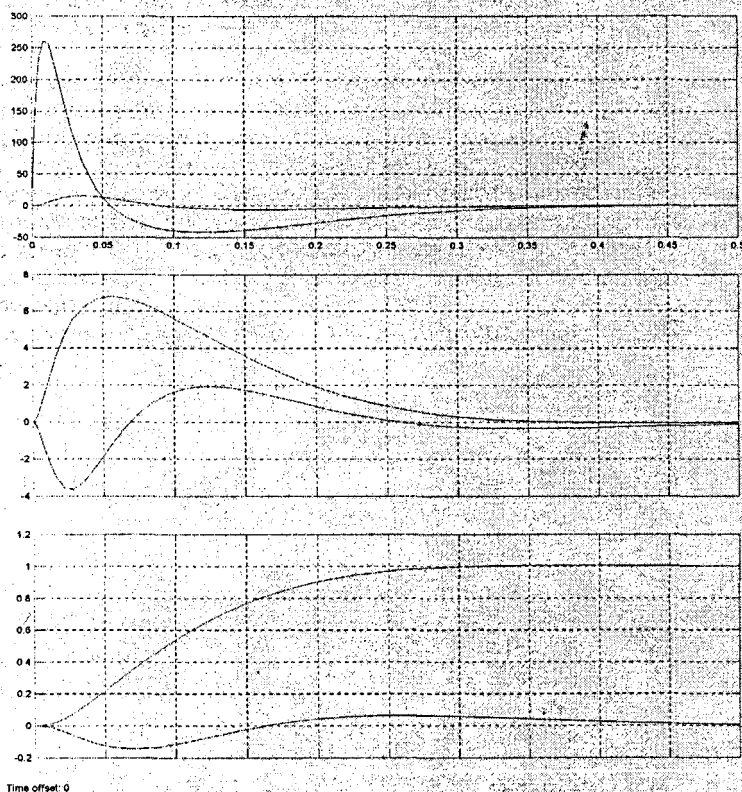


Рисунок 3 – Осциллограмма изменения токов, угловых скоростей и углов поворота звеньев соответственно

С помощью данной модели была исследована работа системы при различных смещениях по времени задающих сигналов приводов. Установлено, что при совместной отработке перемещений приводами в отдельных случаях может возникать перерегулирование до 12%. Наилучшее качество обеспечивается при подаче задающего сигнала на привод второго звена с запаздыванием относительно первого примерно на 0,2 с. При этом отсутствует перерегулирование, а переходные процессы в приводах заканчиваются одновременно.

Проведенный анализ показал следующее:

1) взаимодействие приводов при отработке заданного перемещения манипулятором может оказывать существенное влияние на характер и параметры движения в определенных условиях, что необходимо учитывать при проектировании;

2) разработанная математическая модель позволяет оценивать степень такого влияния и подбирать в каждом конкретном случае наилучший алгоритм управления, следовательно она может использоваться для решения задач синтеза систем управления движением применительно к рассмотренной конфигурации манипулятора.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Копылова, И.П. Справочник по электрическим машинам: в 2-х т. / Под общ. ред. И.П. Копылова, Б.К. Клокова. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – Т. 2. – 688 с.

2. Солодовников, В.В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования / В.В. Солодовников, В.Н. Плотников, А.В. Яковлев. – М.: Машиностроение, 1985. – 536 с.

УДК 681.5

Кучик В.И.

Научный руководитель: доцент Прокопеня О.Н.

РЕВЕРСИВНЫЙ ПРИВОД МАНИПУЛЯТОРА С ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Двигатели постоянного тока обладают хорошими регулировочными характеристиками и широко применяются в приводах технологического оборудования. Для регулирования скорости обычно используют тиристорные управляемые выпрямители. Роботы и другие манипуляционные устройства часто имеют приводы небольшой мощности. В этом случае для управления целесообразно применять широтно-импульсные регуляторы на транзисторах. Работа транзисторов в ключевом режиме обеспечивает низкие потери и высокий КПД привода.

Однако питание двигателя импульсным напряжением отражается на его механических характеристиках [1]. В частности при малых нагрузках жесткость характеристик снижается, и скорость вращения стремится к максимальному значению. В то же время рассматриваемые устройства работают в широком диапазоне изменения нагрузок. Перемещение звеньев может происходить как при максимальной массе манипулируемых объектов, так и при их отсутствии. Как импульсный характер управляющего напряжения отразится на работе привода в таких условиях, предсказать трудно. Данный вопрос требует дополнительного исследования применительно к конкретным параметрам привода и условиям его работы.

Для анализа поведения привода была разработана математическая модель в приложении SIMULINK программы MATLAB, которая приведена на рис. 1.

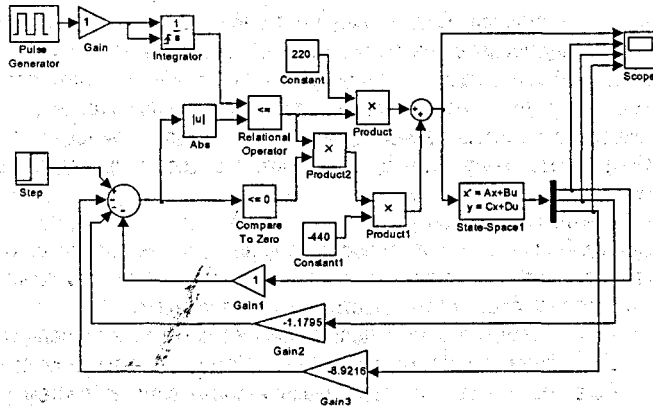


Рисунок 1 – Математическая модель привода в приложении SIMULINK

За основу взята модель привода с обратными связями по перемещению, скорости и току двигателя, синтезированной методом размещения полюсов [2]. Исходный привод обеспечивает переходный процесс с заданными параметрами при нулевом перерегулировании по положению. В данную модель встроен широтно-импульсный регулятор. Работа регулятора иллюстрируется осциллограммой, показанной на рис. 2. Осциллограмма отображает входной, выходной и внутренние сигналы регулятора. Видно, что скважность выходного сигнала соответствует синусоидальному входному сигналу, что подтверждает корректную работу регулятора.

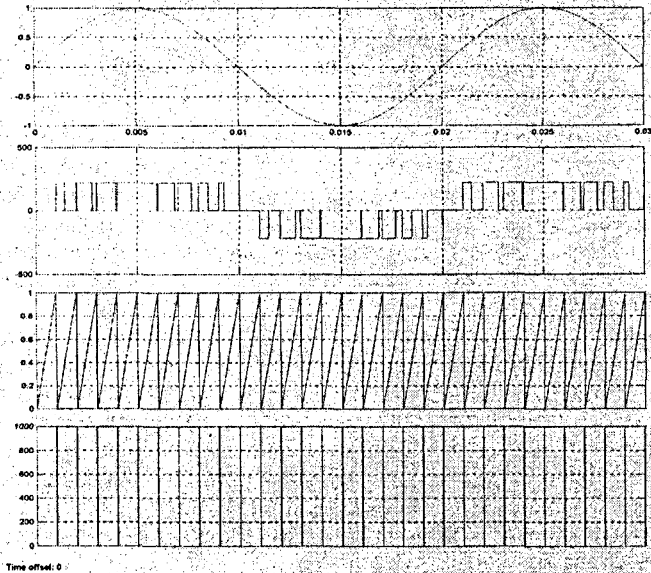


Рисунок 2 – Осциллограмма изменения входного, выходного и промежуточных сигналов широтно-импульсного регулятора

С помощью данной модели была исследована работа привода при различных значениях нагрузки и момента инерции привода. Несущая частота регулятора варьировалась в пределах 1...8 кГц. Установлено, что использование широтно-импульсного регулирования несколько сужает диапазон изменения момента инерции, в котором обеспечивается отсутствие перерегулирования. Однако даже при частоте модуляции 1 кГц он остается достаточным, для того чтобы привод можно было использовать в манипуляционных устройствах. На рис. 3 приведена осциллограмма изменения переменных состояния в переходном процессе с минимальным моментом инерции (когда манипулируемый объект отсутствует). Она подтверждает хорошее качество регулирования.

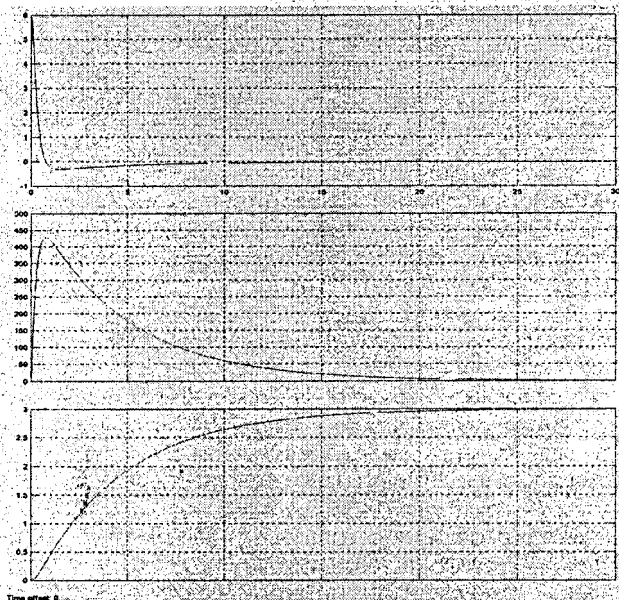


Рисунок 3 – Осциллограмма изменения тока, угловой скорости двигателя и перемещения выходного звена

После проведенного анализа была разработана принципиальная схема и собран макет привода с двигателем PIVT 6-25/3A на номинальное напряжение 30 В. Практически была подтверждена достаточно устойчивая работа привода при изменении момента инерции в широких пределах.

Результаты работы позволяют сделать следующие выводы:

- 1) широтно-импульсное управление двигателем постоянного тока в определенной степени сужает диапазон параметров привода, при которых обеспечивается движение с отсутствием перерегулирования;
- 2) принципиально приводы с широтно-импульсным регулированием могут использоваться в манипуляционных механизмах, однако в каждом конкретном случае выбор параметров и оценка качества работы должны предварительно выполняться методом математического моделирования;
- 3) разработанная математическая модель может быть использована для анализа работы и подбора параметров приводов с широтно-импульсным регулированием.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чиликин, М.Г. Общий курс электропривода: учебник для вузов / М.Г. Чиликин, А.С. Сандлер. – М.: Энергоиздат, 1981. – 575 с.
2. Анхимюк, В.П. Теория автоматического управления / В.П. Анхимюк, О.Ф. Опейко, Н.Н. Михеев. – Минск: Дизайн ПРО, 2002. – 352 с.

УДК 533.9

Гарбачевский В.В., Исмаилов Р.О.

Научный руководитель: проф. Сазонов М.И.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАЗМЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ В ПРОЦЕССЕ ОЗОНИРОВАНИЯ

Введение

Озонирование – современный, действенный и универсальный способ очистки воды. Таже озон очень эффективен при обработке воздуха (дезинфекция помещений для хранения продуктов и для содержания животных, очистка загрязнений воздуха при выбросе после «грязных» металлургических и химических производств), и используется при предпосевной обработке семян, обработке целлюлозы, отбеливании тканей. Отдельной и важной отраслью использования озона является медицина.

Целью исследований является разработка конструкции плазмотрона с использованием электрической дуги как источника тепла и излучения

Для получения озона применяются следующие способы: электролитический, фотохимический, химический, оптический и синтез озона в электрических разрядах. Электролиз озона может производиться на основе тихого, барьерного, коронного и дугового разряда. Недостатками большинства из перечисленных методов являются малая производительность, сложность конструкции и дороговизна оборудования, большое потребление электроэнергии и дороговизна сырья. Поэтому остановимся на методе получения озона на основе дугового разряда как на наиболее простом и эффективном.

Для получения озона используется плазмотрон – устройство для создания плотной (с давлением порядка атмосферного) низкотемпературной плазмы (с температурой до 104 К) с помощью электрических разрядов в газах. Дуговой плазмотрон постоянного тока состоит из разрядной камеры, в которой расположены электроды вдоль по оси или коаксиально, и узла подачи плазмообразующего вещества. Плазма может истекать из разрядной камеры плазмотрона в виде струи или создавать плазменную дугу. Во втором случае разряд горит между катодом и обрабатываемым телом, служащим анодом. Потенциальными преимуществами данной технологии является возможность генерации газовых потоков с высоким содержанием атомарного кислорода (до 80-90% при использовании кислорода), компактность и высокая производительность устройств (до 500 кг/ч) с КПД 70-80%, малые энергозатраты (8-10 кВт ч/кг).

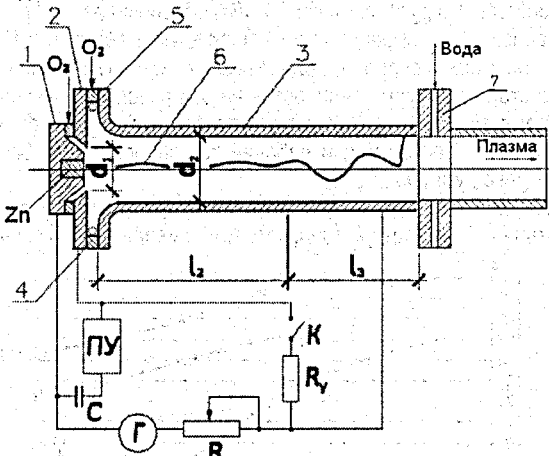
Результаты исследований.

На основе вольт-амперной характеристики при различных расходах рабочего газа разработана конструкция плазмотрона. Принципиальная схема плазмотрона, схема его электропитания и поджига приведена на рисунке 1. Данный плазмотрон может использоваться для обеззараживания жидких сред, а также во многих других областях.

Особенностью конструкции данного плазмотрона является реализация горения дуги вдоль потока кислорода, что обеспечивает максимальный выход озона. Благодаря такому способу привязки дуги к медному аноду достигается незначительное образование

наночастиц меди; что повышает эффективность обеззараживания сточных вод. Плазмотрон обладает высоким ресурсом работы (десятки часов до замены катода).

Основными элементами плазмотрона являются катод 1, поджигающий электрод 2, и анод 3. Катод выполнен из вольфрамового стержня длиной 20 мм, запрессованного заподлицо в медную обойму с целью оптимизации его охлаждения и повышения ресурса эксплуатации. Поджигающий электрод 2 выполнен из меди в виде секции-шайбы с внутренним диаметром $d_1 = 16$ мм. Медный анод 3 имеет диаметр $d_2 = 8$ мм, а его длина равна 140 мм. Катод, поджигающий электрод, и анод, интенсивно охлаждаются химически очищенной водой.



1 – катод; 2 – поджигающий электрод; 3 – анод; 4 и 5 – изоляторы; 6 – дуга; 7 – реактор

Рисунок 1 – Схема плазмотрона и электропитания

Давление рабочего газа перед расходомерами на входе плазмотрона составляет $(3...6) \cdot 10^5$ Па. В зазор между катодом и поджигающим электродом через 2 тангенциальных отверстия диаметром 1,2 мм, расположенных в кольце закрутки с внутренним диаметром 50 мм, подается кислород (расход 0,1 - 0,2 г/с). Во вторую камеру закрутки, расположенную между поджигающим электродом и анодом, поступает кислород через 4 тангенциальных отверстия диаметром 2,4 мм, расположенных в кольце закрутки с внутренним диаметром 64 мм. Расход кислорода варьируется от 2 до 5 г/с.

Электропитание плазмотрона осуществляется от источника питания Г с номинальным током 140 А и напряжением 600 В. Так как его внешняя электрическая характеристика жесткая, а вольт-амперная характеристика дуги падающая, в силовую цепь последовательно с дугой с целью обеспечения устойчивого ее горения включается ступенчато изменяющееся балластное сопротивление R. Поджиг осуществляется при помощи высоковольтного высокочастотного осциллятора ПУ с подачей напряжения на поджигающий электрод 2. Между поджигающим электродом и анодом через контактор включено сопротивление $R_\gamma = 10 - 20$ Ом. Такая схема включения осциллятора в электрическую цепь питания плазмотрона позволяет исключить попадание ВЧ-напряжения в силовую цепь питания и обеспечивает тем самым надежную защиту силового выпрямителя от перенапряжения.

Порядок запуска плазмотрона: устанавливается рабочий расход газа; после этого при включенном контакторе К подается напряжение от выпрямителя Г и далее включается осциллятор, обеспечивающий пробой зазора (1,5 мм) между катодом и поджигающим электродом. Образовавшийся искровой канал служит основой для развития вспомогательной дуги, ток которой равен 10-15 А и регулируется изменением величины R_y . Под действием потока кислорода слаботочная дуга выдувается из зазора. Катодное пятно устанавливается на графитовом стержне, анодное – перемещается к кромке электрода 2, а образующийся высокотемпературный факел снижает напряжение пробоя между катодом и анодом; существующая разность потенциалов между ними (при мощности, вложенной в вспомогательную дугу, порядка 1-2 кВт) обеспечивает пробой и поджиг основной дуги. Ток в основной цепи регулируется балластным реостатом R. Далее радиальный участок дуги потоком кислорода, подаваемого в основную вихревую камеру 5, сносится за уступ, а столб дуги устанавливается на оси разрядной камеры. После запуска плазмотрона сопротивление R_y отключают контактором К, а реостатом R устанавливается и стабилизируется необходимый рабочий ток силовой дуги. Запуск плазмотрона производится при токе дуги 200-300 А.

Экспериментально определены вольт-амперные характеристики дуги в вихревом потоке газа при различных расходах аргона, которые приведены на рисунке 2.

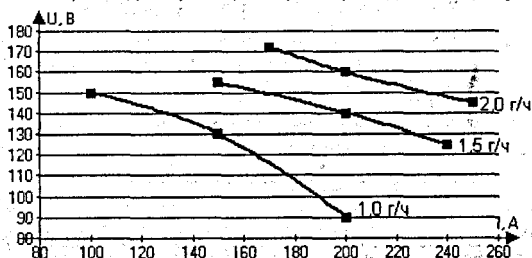


Рисунок 2 – Вольт-амперные характеристики при различных расходах рабочего газа, диаметр канала $d = 8$ мм, длина анода $l = 120$ мм

Результатом работы реактора 7 является смешение полученного озона с подаваемой через радиальные отверстия водой, после чего плазменный поток подается в очистной бассейн.

Выводы

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований создана конструкция экспериментального плазмотрона для получения озона.

Преимуществами данного устройства является:

- 1) использование в качестве рабочего газа только кислорода;
- 2) высокий ресурс работы плазмотрона, в процессе эксплуатации осуществляется замена только катода;
- 3) высокий тепловой КПД (~0,7%), что обеспечивает высокую эффективность технологического процесса очистки сточных вод.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жуков, М.Ф. Электродуговые нагреватели газа (плазмотроны) / М.Ф. Жуков, В.Я. Смоляков, Б.А. Урюков – М., 1973.
2. Филиппов, Ю.В. Электросинтез озона / Ю.В. Филиппов, В.А. Вобликова, В.И. Пантелеев – М.: Изд-во Московского университета, 1987.

УДК 621.9

Иванов Д.В.

Научный руководитель: ст. преподаватель Саливончик Ю.Н.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОСТОЯНИЯ РЕЗЦОВ ПРИ ТОЧЕНИИ

Целью работы является накопление базы данных для исследования динамических процессов, возникающих при резании и установление их связи с параметрами, определяющими состояние режущих инструментов при обработке резанием.

Задачи: 1) расширить имеющиеся сведения и исследовать динамические явления в процессе резания на основе данных эксперимента;

2) провести эксперимент и обработать полученные данные.

В настоящее время в связи с ростом промышленного производства всё большее влияние уделяется дальнейшему совершенствованию технологических процессов изготовления деталей с целью повышения их качества и уменьшения себестоимости. Для этого необходимо детально изучать процессы, протекающие при механической обработке. Особенно важным является изучение закономерностей процесса резания, так как они влияют на длительность работы режущего инструмента, что сказывается на качестве, производительности и себестоимости механической обработки.

В процессе резания в элементах технологической системы могут возникать колебания, называемые вибрациями. Вибрация – это механические колебания тела. Самый простой вид вибрации – это колебание или повторяющееся движение объекта около положения равновесия. Этот тип вибрации называется общей вибрацией, потому что тело перемещается как единое целое и все его части имеют одинаковую по величине и направлению скорость.

Раскрытие физических причин возмущения колебаний при резании металлов является важной задачей. Практика показала, что при различных условиях обработки могут появляться колебания детали, оборудования и инструмента разной частоты. Чаще всего деталь имеет низкочастотные колебания, а инструмент – высокочастотные. При возникновении вибраций снижаются качество обработанной поверхности и период стойкости инструмента.

В ходе работы станка возникает несколько различных видов колебаний – вынужденные, параметрические, релаксационные и самовозбуждающиеся или автоколебания.

Вынужденные колебания возникают вследствие наличия в системе внешней периодической силы, вызывающей колебательный процесс с частотой, равной частоте возмущающей силы. Причиной появления возмущающей силы могут быть силы, обусловленные процессом резания (прерывистость процесса резания, неравномерность припуска, оставленного на обработку), а также силы, возникающие в ячейке технологической системы вне зоны резания (дисбаланс вращающихся частей станка, детали и инструмента, дефекты зубчатых и ременных передач станка, передача колебаний станку от других работающих поблизости станков и т.д.).

Наиболее эффективным направлением в контроле режущих инструментов является их мониторинг (непрерывный контроль). Все методы контроля текущей работоспособности режущего инструмента можно условно разделить на четыре группы:

1) устройства, в которых объектом контроля является режущий инструмент (ширина площадки износа, температура, расстояние от вершины или режущей кромки до постоянной базы);

2) объектом контроля является обрабатываемая деталь (размеры, шероховатость обработанной поверхности, температура на поверхности);

3) объектом контроля является стружка (форма, направление схода, температура);

4) объектом контроля является процесс резания (длительность цикла обработки, мощность резания, силы резания, вибрации, акустическая эмиссия, ЭДС в зоне резания).

В свою очередь методы, представленные в этих группах, можно поделить на методы прямого контроля, основанные на регистрации износа инструмента, и косвенного контроля, использующие физические явления, сопровождающие процессы резания и изнашивания инструмента.

Обеспечение надежности и эффективности процесса механообработки является невозможным без информации о текущем состоянии режущего инструмента, и прежде всего, количественной оценки интенсивности изнашивания режущего инструмента. Недоступность зоны резания для прямого наблюдения вынуждает строить модели и судить о контактных процессах по косвенным параметрам.

В научной работе по представленной теме было выбрано такое явление процесса резания как вибрация.

Для углубления знаний о явлениях, возникающих при резании, были проведены экспериментальные исследования, в ходе которых выявлены некоторые закономерности влияния величины износа режущего инструмента на выбранный параметр.

Для выполнения задач, поставленных в рамках одного из этапов научно-исследовательской работы, были проведены экспериментальные исследования, в процессе которых деталь, в качестве которой использовался пруток $\varnothing 40$ мм из стали 35, обрабатывалась токарным проходным упорным резцом 2103-0058 ГОСТ 18879-73, оснащённым пластиной из твёрдого сплава Т15К6. Геометрические параметры резца: $\gamma = 10^\circ$; $\alpha = 6^\circ$; $\varphi = 93^\circ$.

Обработка производилась на токарно-винторезном станке «СН-501», технические характеристики которого позволяют реализовать необходимый диапазон изменения режимов резания при исследованиях.

Для получения вибрационного сигнала в качестве первичного преобразователя использован акселерометр со встроенной электроникой AP-98, который устанавливался на резцедержателе (рис. 1).

Измерение параметров вибрационного сигнала, обработка и управление процессами осуществлялось с использованием аппаратно-программного комплекса ВИКМА-2 (рис. 2).

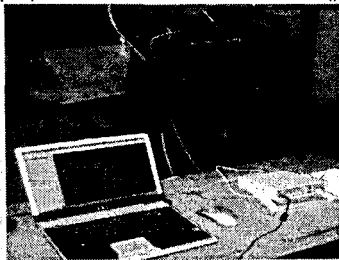
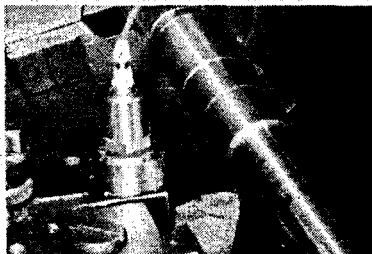


Рисунок 1 – Схема установки акселерометра **Рисунок 2 – Общий вид установки и подключения аппаратно-программного комплекса**

В рамках проведённого эксперимента производилось обтачивание заготовки при одном и том же режиме резания для исключения влияния его на снимаемый выходной параметр (рис. 3).

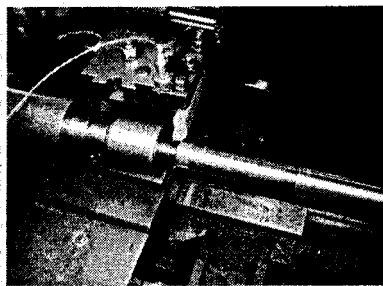


Рисунок 3 – Проведение эксперимента для сбора данных

Износ инструмента осуществлялся в ходе обработки свободного конца заготовки для получения реальных значений. Опыты проводились неоднократно для исключения случайных погрешностей.

Через определённые промежутки времени осуществлялась оценка износа режущего инструмента путём измерения площадки износа по задней поверхности режущего инструмента. Измерение производилось при помощи инструментального микроскопа УИМ-23.

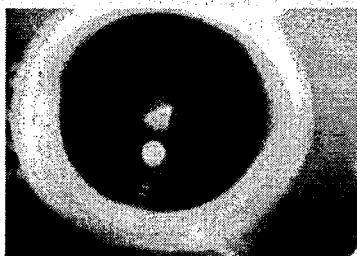
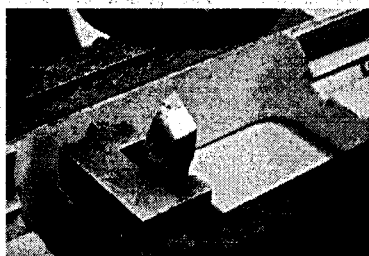


Рисунок 4 – Измерение площадки износа на микроскопе УИМ-23

В ходе проведения эксперимента была накоплена база данных, фиксировавшихся ЭВМ, в виде группы файлов, которые затем обрабатываются и анализируются.

Рисунок 5 – Список полученных при эксперименте файлов

Вышеописанные данные возможно произвести в виде графиков, спектров и трехмерном представлении Габора с помощью программы «VibroAnalizator 1.0.7».



Рисунок 6 – Данные эксперимента в виде графика

В ходе эксперимента были получены вибросигналы после различной величины пути резания. При первичном рассмотрении можно отметить, что с увеличением времени работы инструмента происходит изменение величины вибросигнала (на отрезке времени первичного и нормального износа), анализ которых будет проводиться на следующем этапе научно-исследовательской работы.

УДК 693.22.004.18

Козловский Ю.В.

Научный руководитель: доцент, к.т.н. Монтик С.В.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗОНЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Одним из основных методов оптимизации структуры производственных подразделений АТП (полностью), т.е. определение оптимального количества постов зон ЕО, ТО, Д.ТР, является использование СМО и имитационного моделирования. Рассмотрим моделирование зоны ТО-1 грузовых автомобилей Маз 53371 с использованием имитационного моделирования.

Исходными данными для расчета являются: автомобили МАЗ 53371, эксплуатируемые в умеренно-теплом влажном климате. Выполняем корректировку нормативов периодичности ТО-1 и трудоемкости ТО-1. Требуемое количество постов ТО-1 в соответствии с типовой методикой технологического расчета составляет 0,61.

Далее создадим математическую модель зоны ТО-1 с использованием системы массового обслуживания (СМО) и системы GPSS World и выполним расчет ее параметров.

Определим основные элементы СМО при моделировании зоны ТО-1.

Входящий поток образуется автомобилями, требующими технического обслуживания ТО-1, и характеризуется интервалами времени поступления требований на обслуживание $T_{то-то}$, час. Автомобили моделируются транзактами.

Для моделирования простейшего потока требований интервал времени между соседними событиями должен иметь показательное распределение.

Интервалы времени поступления автомобилей на ТО определяются также по экспоненциальному закону. Математическое ожидание интервалов времени поступления ав-

томобилей на обслуживание T_{TO-TO} определяется исходя из количества дней, через которые автомобиль должен поступить на ТО-1, т.е. скорректированный пробег до ТО-1 делится на среднесуточный пробег автомобиля, а затем полученное количество дней умножается на время работы зоны ТО-1 в сутки. Время моделирования работы зоны ТО-1 составляло 2016 ч, что соответствовало времени работы зоны в течение одного года.

Обслуживающими аппаратами являются посты ТО-1, которые характеризуются количеством постов l и временем обслуживания одного требования, которое равно такту поста τ_l , час. Зона ТО моделируется одноканальным устройством FACILITY (если один пост в зоне ТО) и многоканальным устройством STORAGE, для которого задают количество каналов обслуживания соответственно 2, 3 и 4 (по количеству постов зоны ТО).

Интервалы времени на обслуживание одного автомобиля задавались также по экспоненциальному закону с математическим ожиданием равным такту поста.

Очередь образуется автомобилями, требующими технического обслуживания, если все посты ТО-1 заняты и характеризуется средней и максимальной длиной очереди, средним временем нахождения требования в очереди. Очередь моделируется объектом QUEUE.

Выходящий поток образуется автомобилями, которые прошли техническое обслуживание (обслуженные требования).

Затем выполняем расчет показателей СМО для моделирования.

Определяем математическое ожидание (среднее значение) интервала времени работы зоны ТО-1, через которые автомобиль поступит на ТО-1 - T_{TO-TO} , час.

Для этого находим количество дней, через которые производится ТО-1 автомобиля

$$N_{дней} = L_{TO-1} / LCC = 6400 / 160 = 40, \text{дней}.$$

При необходимости количество дней округляется до целых.

Математическое ожидание (среднее значение) интервала времени работы зоны ТО-1, через которые автомобиль поступит на ТО-1

$$T_{TO-TO} = N_{дней} \cdot T_{см} \cdot C = 40 \cdot 8 \cdot 1 = 320, \text{час}.$$

Принимаем время моделирования 1 год. Тогда время моделирования в часах определяется

$$T_{мод} = T_{см} \cdot C \cdot D_{раб.г}.$$

где длительность смены $T_{см} = 8$ часов, количество смен $C = 1$, количество дней работы зоны ТО-1 в год $N_{дней} = 252$ дня.

$$T_{мод} = 8 \cdot 1 \cdot 252 = 2016 \text{ ч.}$$

Составляем модели замкнутых СМО в системе GPSS World и моделирование.

Одноканальная СМО моделирует зону ТО-1 с одним постом. Зона ТО-1 моделируется одноканальным устройством FACILITY.

Многоканальная СМО моделирует зону ТО-1 с 2, 3, 4 постами. Зона ТО-1 моделируется многоканальным устройством STORAGE, для которого задают количество каналов обслуживания соответственно 2, 3 и 4.

В результате моделирования получены следующие зависимости: зависимость средней длины очереди от количества постов; зависимость среднего времени нахождения автомобиля в очереди T_{TO-TO} от количества постов зоны ТО-1; зависимость количества выполненных ТО за время моделирования $N_{ТОг}$ от количества постов зоны ТО-1; зависимость коэффициента использования зоны ТО $K_{исп}$ от количества постов зоны ТО-1 n ; зависимость среднего числа занятых постов ТО от количества постов зоны ТО-1 n .

```

*Моделирование зоны ТО-1 с помощью
*ДЕТЯЛАНОВОЙ ЗАМКНУТОЙ СМО
*с простейшим потоком по ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОМУ ЗАКОНЫ
*****
INITIAL $AVT0,100 ;задание количества а/м = 100 ед.
INITIAL $XTIME DO TO,320 ;задание среднего времени через которое выполняется ТО-1 =320 ч.
INITIAL $SOBEL,1.81 ;задание среднего времени на выполнение ТО-1 =1.81ч.
INITIAL $XTIME MODEL,2016 ;задание времени моделирования работы зоны ТО-1 2016 ч.
*****
ЗОНА ТО STORAGE 2 ;СОЗДАНИЕ ЗОНЫ ТО С 2 ПОСТАМИ
INFORM TABLE ON TO,0,2,100 ;сбор статистических данных для таблиц INFORM о длине очереди ON TO
GENERATE ,, $AVT0 ;генерация транзактов, соответствующих количеству автомобилей
WORK ADVANCE (EXPONENTIAL(1,0,$XTIME DO TO)) ; ЗАДЕРЖКА ВРЕМЕНИ работы а/м ДО ТО-1 распределенного по экспоненциальному закону
QUEUE ON TO ; поступление а/м в ОЧЕРЕДЬ НА ПОСТ ТО (два очереди ON TO)
ENTER ЗОНА ТО ; ЗАЙТИЕ ЗОНЫ ТО А/М
DEPART ON TO ; ВЫХОД а/м ИЗ ОЧЕРЕДИ
ADVANCE (EXPONENTIAL(1,0,$SOBEL)) ; ЗАДЕРЖКА а/м НА ТО-1 распределенная по экспоненциальному закону
LEAVE ЗОНА ТО ; А/М ПОЖДАЕТ ЗОНУ ТО
TRANSFER ,WORK ; переход на блок с меткой Work
*****
GENERATE $XTIME MODEL ; задание времени моделирования зоны ТО - 1 год (252 дня*8ч=2016 ч)
TERMINATE 1 ;остановить моделирование
START 1 ;запуск процедуры моделирования
*****

```

Рисунок 1 – Программа в GPSS World

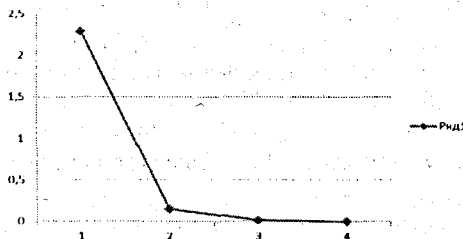


Рисунок 2 – Зависимость среднего времени нахождения автомобиля в очереди $T_{то-то}$ от количества постов зоны ТО-1 n

Выполняем оптимизацию зоны ТО-1 по критерию минимальных суммарных затрат на содержание производственного подразделения и потери прибыли от простоя автомобиля в ожидании технического обслуживания, приходящихся на одно техническое воздействие. Суммарные затраты $C_{\Sigma i}$ для i-го варианта зоны ТО-1 определяются:

$$C_{\Sigma i} = \frac{1}{12 \cdot N_{обсл i}} \cdot (C_{шт} + C_{эки} + E_{н} \cdot K_{ин});$$

где $N_{обсл i}$ – количество обслуживаний за время моделирования, $C_{шт}$ – затраты из-за простоя автомобилей в очереди на выполнение ТО-1, $C_{эки}$ – затраты на содержание зоны ТО-1, $E_{н}$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, $K_{ин}$ – капитальные вложения в создание зоны ТО-1.

Как видно из рисунка 3, оптимальное количество постов первого технического обслуживания по критерию минимальных суммарных затрат на содержание производственно-

го подразделения и потери прибыли от простоя автомобиля в ожидании технического обслуживания, приходящиеся на одно техническое воздействие, будет равно трем, т.к. при этом обеспечиваются минимальные суммарные затраты C_{Σ} .

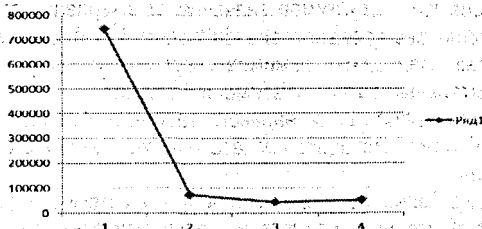


Рисунок 3 – Зависимость суммарных затрат, приходящихся на одно ТО, от количества постов ТО-1

Ввиду большого расхождения требуемого количества постов по типовой методике технологического расчета АТП от полученного, нужно использовать другой критерий оптимальности.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Научные исследования и решение инженерных задач: учебн. пособие / С.С. Кучур, М.М. Болбас, В.К. Ярошевич. – Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2003.
2. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и дополненное / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов [и др.]. – М.: Наука, 2004. – 535 с.
3. Имитационное моделирование на GPSS: учеб.-метод. пособие для студентов технич. специальностей / Д.Н. Шевченко, И.Н. Кравченко; М-во образования РБ, Белорус. ГОС. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2007. – 97 с.

УДК 621.906-529

Линь Сень (КНР)

Научный руководитель: доцент Медведев О.А.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА УВОДА СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ ПРИ ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ В НАКЛОННЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ

При врезании сверла в плоскость заготовки, расположенную к оси сверла под углом, не равным 90° , две главные режущие кромки сверла начинают срезать разные по толщине слои металла. Главная режущая кромка, обращенная к более высокой части плоскости, захватывает больший слой металла, чем противоположная главная режущая кромка. Глубина резания, для одной из главных режущих кромок, равна расстоянию от оси сверла до точки пересечения этой кромки с наклонной плоскостью заготовки. Самая большая разность глубин резания противоположных кромок возникает в тот момент, когда одна из кромок начинает контактировать с материалом заготовки по всей длине, как показано на рисунке. На рисунке приняты следующие обозначения: a – глубина резания для правой режущей кромки, равная радиусу сверла; e – глубина резания для левой режущей кромки; α – угол между плоскостью заготовки и перпендикуляром к оси сверла; φ – главный угол в плане для главной режущей кромки сверла.

Разность глубин резания вызывает появление неуравновешенных радиальной и тангенциальной сил резания, которые вызывают изгиб сверла при его врезании в заготовку. В результате изгиба ось симметрии режущих кромок повернется относительно оси

шпинделя на угол β . При дальнейшем врезании сверла увеличения неуравновешенной изгибающей силы не происходит и можно считать, что перекос оси отверстия после сверления относительно ее номинального положения тоже будет равен углу β .

Если перекос превысит допустимое значение, то сверление отверстия в наклонной плоскости невозможно без предварительной подготовки площадки, перпендикулярной оси сверла, или без уменьшения режимов сверления, например подачи сверла. Это приводит к дополнительным затратам времени и средств.

Для обоснованного выбора рационального варианта обработки отверстия в наклонной плоскости необходима методика расчета угла увода (перекоса) оси симметрии режущих кромок сверла.

Изучение и анализ большого числа литературных источников по данной теме позволил сделать вывод об отсутствии пригодной для практических расчетов методики расчета увода сверл при обработке отверстий в наклонных поверхностях. Поэтому разработка такой методики является актуальной задачей.

В основе предлагаемой методики лежат математические выражения, полученные для определения разности глубин резания главных режущих кромок спирального сверла и неуравновешенных радиальной и тангенциальной сил резания. При этом сверло рассматривается как консольная балка, жестко закрепленная в недеформируемом шпинделе станка, и работающая в условиях продольно-поперечного изгиба.

Разность глубин резания кромок сверла определялась на основе схемы, представленной на рисунке 1. Разность глубин резания равна

$$\Delta l = a - \sigma, \quad (1)$$

где a – радиус сверла.

Для определения величины σ рассмотрим треугольник АОМ. Используя теорему синусов, можно записать

$$\frac{AO}{\sin(90^\circ - \varphi + \alpha)} = \frac{MO}{\sin(90^\circ - \varphi - \alpha)} \quad (2)$$

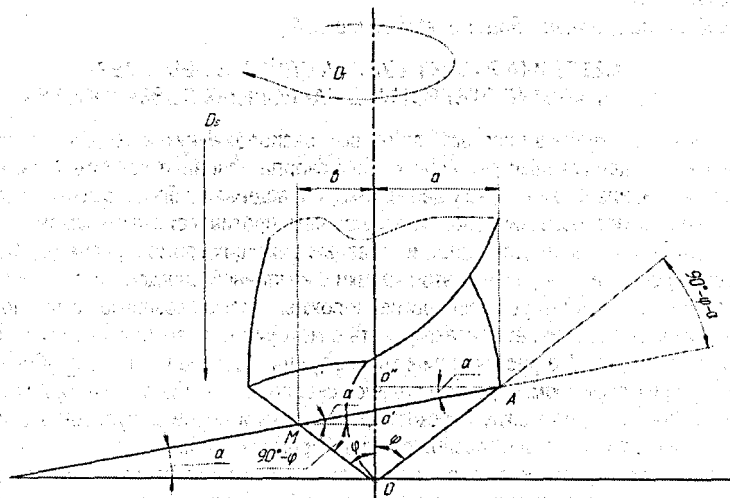


Рисунок 1 – Схема определения глубин резания для главных режущих кромок сверла

Из рисунка 1 видно

$$AO = \frac{a}{\sin \varphi} \quad MO = \frac{e}{\sin \varphi} \quad (3)$$

После подстановки формул (3) в формулу (2) после преобразований получим

$$e = a \frac{\sin(90^\circ - \varphi - \alpha)}{\sin(90^\circ - \varphi + \alpha)}, \quad (4)$$

$$\Delta t = a \left[1 - \frac{\sin(90^\circ - \varphi - \alpha)}{\sin(90^\circ - \varphi + \alpha)} \right]. \quad (5)$$

Сверло при врезании находится под действием осевой силы P_{oc} , радиальной неуравновешенной силы ΔP_r и неуравновешенной тангенциальной силы ΔP_t . Эти силы определялись по методике, изложенной в [1]. По расчетным и экспериментальным данным влияние осевой силы на изгиб сверла можно учесть умножением изгиба от радиальной и тангенциальной силы на коэффициент $\eta = 1,4$.

Неуравновешенную поперечную силу можно определить по формуле, приведенной в указанном литературном источнике

$$\Delta P = 0,25 \cdot z \cdot \sqrt{C_r^2 + C_t^2} \cdot \Delta t, \quad (6)$$

где $z = 2$ – число зубьев (главных режущих кромок) сверла; C_r – радиальная сила резания, возникающая при глубине резания $\Delta t = 1$ мм; C_t – тангенциальная сила резания, возникающая при глубине резания $\Delta t = 1$ мм.

При этом каждый зуб сверла рассматривается как отдельный расточной резец. Величины C_r , C_t можно определить исходя из эмпирических формул для расчета тангенциальной и радиальной сил резания при растачивании [2].

$$P_z = C_{pz} \cdot t^{X_z} \cdot s^{O_z}, \quad (7)$$

$$P_\phi = C_{p\phi} \cdot t^{X_\phi} \cdot s^{O_\phi}.$$

Принимая в этих формулах $t = 1$, получим

$$C_z = \tilde{N}_z = C_{pz} \cdot s^{O_z}, \quad (8)$$

$$C_\phi = C_r = C_{p\phi} \cdot s^{O_\phi}.$$

Из таблиц нормативов режимов резания при растачивании [2] можно сделать вывод, что значения показателей Y_z и Y_ϕ приблизительно одинаковы. Поэтому формулу (6) можно записать в виде

$$\Delta P = 0,25 \cdot z \cdot \sqrt{C_{pz}^2 + C_{p\phi}^2} \cdot s^{O_y} \cdot \Delta t. \quad (9)$$

Для расчета упругих деформаций изгиба сверла использовались традиционные формулы сопротивления материалов для консольной балки [1] (с учетом коэффициента η)

$$\delta = 1,4 \frac{\Delta P \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I}, \quad (10)$$

где l – длина вылета сверла за торец шпинделя сверлильного станка; E – модуль упругости материала сверла; I – момент инерции поперечного сечения сверла.

Величина I может быть рассчитана по формуле [1]

$$I = c \cdot d^4, \quad (11)$$

где $c = 0,011$ – эмпирический коэффициент, учитывающий ослабление сечения сверла стружечными канавками; d – диаметр сверла.

Для расчета перекоса оси симметрии главных режущих кромок сверла использовалась формула [1], включающая те же параметры

$$\beta = 1,4 \frac{\Delta P \cdot l^2}{2 \cdot E \cdot I} \quad (12)$$

После подстановки формулы (5) в формулу (9) и затем в формулу (12) получено выражение взаимосвязи перекоса оси сверла, подачи сверла и угла наклона плоскости заготовки

$$\beta = 0,35 \frac{l^2}{2 \cdot E \cdot I} \cdot z \cdot \sqrt{C_{py}^2 + C_{pz}^2} \cdot s^y \cdot a \left[1 - \frac{(\sin 90^\circ - \varphi - \alpha)}{\sin 90^\circ - \varphi + \alpha} \right] \quad (13)$$

Полученное выражение можно использовать для оценки возможности сверления отверстия в наклонной плоскости на этапе проектирования сверлильной операции. Сверление возможно, если рассчитанное значение перекоса оси сверла не превысит допустимого значения, указанного на чертеже детали. Если перекокс окажется больше допустимого значения, то необходимо уменьшить скорость осевой подачи сверла или перед сверлением подготовить площадку, перпендикулярную оси требуемого отверстия.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Косилова, Ф.Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: Справочник технолога / Ф.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков, М.А. Калинин. – М.: Машиностроение, 1976.

2. Справочник технолога-машиностроения: в 2-х т. / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001.

УДК 621.91.002

Марчук К.А.

Научный руководитель: доцент Медведев О.А.

РАСЧЕТ КОМПЕНСАТОРОВ-ЧЛЕНОВ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО РЯДА ПРИ ДОСТИЖЕНИИ ТОЧНОСТИ СБОРКИ МЕТОДОМ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Применение неподвижных компенсаторов для достижения точности замыкающего звена TA_{Δ} сборочной конструкторской размерной цепи основано на том, что с помощью компенсатора определенного размера можно компенсировать за счет допуска замыкающего звена часть суммарного поля рассеяния составляющих звеньев TA_{Σ} , называемую ступенью компенсации C и равную (в идеале) TA_{Δ} . Увеличив компенсатор на величину TA_{Δ} можно компенсировать еще такую же часть, примыкающую к первой, и так далее. В действительности ступень компенсации меньше допуска замыкающего звена из-за погрешностей изготовления компенсаторов и погрешностей определения требуемого размера компенсатора во время предварительной сборки конкретного экземпляра изделия. Эти погрешности нельзя компенсировать выбором компенсатора. Для их компенсации приходится выделять часть TA_{Δ} .

Применение комплекта из нескольких компенсаторов разной толщины для каждого экземпляра изделия требует значительных материальных и трудовых затрат на их изготовление. Известен способ уменьшения требуемого количества компенсаторов в комплекте на одно изделие, при котором размеры компенсаторов являются членами геометрической прогрессии со знаменателем 2 [1]. Если в качестве первого компенсатора принята величина ступени компенсации C , то размеры компенсаторов в комплекте, заранее изготовленном для каждого экземпляра изделия, будут принадлежать ряду $K_i = C$,

2С, 4С, 8С, 16С, 32С ... Применение такого ряда обусловлено тем, что при выборочном сложении размеров компенсаторов можно получить суммарный размер любой кратности по отношению к ступени компенсации. Это позволяет компенсировать любое отклонение суммарного составляющего звена сборочной конструкторской размерной цепи в пределах TA_{Σ} . Однако в технической литературе отсутствуют методики расчета рациональной величины C и минимально достаточного числа компенсаторов l в комплекте на одно изделие с учетом погрешностей выполнения сборочных работ.

В основе предлагаемой методики расчета компенсаторов – членов геометрической прогрессии лежат схемы компенсации суммарного допуска составляющих звеньев конструкторской сборочной размерной цепи, описанные в [2] и представляющие собой сочетание конструкторской и технологической сборочных размерных цепей. Реальная конструкторская цепь представлена в схеме компенсации математически тождественной трехзвенной цепью, состоящей из суммарного составляющего звена A_{Σ} , компенсатора K и замыкающего звена A_{Δ} . Суммарное составляющее звено является алгебраической суммой всех увеличивающих и уменьшающих составляющих звеньев реальной цепи (кроме компенсатора), а его допуск TA_{Σ} равен арифметической сумме допусков составляющих звеньев (кроме компенсатора). При этом все многообразие реальных конструкторских цепей может быть сведено к трем вариантам математически тождественных трехзвенных цепей, отличающихся по влиянию компенсатора на замыкающее звено (уменьшающий или увеличивающий компенсатор), и по расположению увеличивающего компенсатора в одной ветви цепи с суммарным составляющим звеном; или в разных ветвях. В схеме компенсации каждое звено трехзвенной цепи представлено его предельными размерами и полем допуска.

Технологическая сборочная размерная цепь формируется на этапе предварительной сборки изделия, когда определяется требуемый размер компенсатора. Замыкающим звеном в ней является местоположение компенсатора, а составляющими звеньями, кроме размеров деталей изделия, также являются размеры используемой сборочной оснастки и погрешности выполнения сборочных работ. При окончательной сборке изделия из комплектующих деталей и выбранного компенсатора, отклонение замыкающего звена конструкторской цепи от эталона будет равно отклонению размера выбранного компенсатора от размера его местоположения. Это отклонение складывается из отклонений тех звеньев технологической цепи, которые при предварительной сборке конкретного изделия могут приобретать случайные значения, отличающиеся от их значений в конструкторской цепи (погрешность изготовления эталона среднего значения замыкающего звена ε_z , погрешность установки эталона ε_{y0} , погрешность измерения местоположения компенсатора ε_{ii} , погрешность изготовления компенсаторов TK , погрешность выбора компенсатора ε_{δ}). Погрешности таких звеньев могут быть компенсированы только за счет допуска замыкающего звена конструкторской цепи, а не выбором компенсатора. Технологическая цепь представлена в схеме компенсации указанными погрешностями, которые в сумме не должны превышать допуска замыкающего звена конструкторской цепи TA_{Δ} . При допущении симметричного распределения суммарной погрешности, совмещаем середину ее поля рассеяния с серединой поля допуска замыкающего звена конструкторской цепи. На схемах сумма $\varepsilon_z, \varepsilon_{y0}, \varepsilon_{ii}$ обозначена как погрешность формирования размера компенсатора ε_{DK} .

Для уменьшения требуемого числа компенсаторов целесообразно обеспечить частичное перекрытие TA_{Δ} и TA_{Σ} . Это всегда можно сделать путем корректировки положения поля допуска любого из составляющих звеньев конструкторской цепи. При этом число

компенсаторов в комплекте на одно изделие будет на единицу меньше числа ступеней компенсации. Для того чтобы набор компенсаторов при любом их числе оставался уменьшающим или увеличивающим, надо середину TA_{Δ} совместить с серединой первой ступени компенсации.

Так как ступень компенсации равна толщине первого компенсатора из геометрического ряда (обычно не менее 0,1 мм), то эта толщина, наряду с погрешностями сборочной оснастки и допуском изготовления компенсаторов, определяет точность сборки.

При одинаковых прочих погрешностях допуск тонкого компенсатора должен быть значительно жестче допуска компенсаторов разной длины, так как набор из $n = N-1$ тонкого компенсатора, необходимый для компенсации отклонений A_{Σ} в пределах N -й ступени компенсации, должен иметь суммарный допуск $(N-1)TK$, равный допуску одного компенсатора из комплекта компенсаторов разной длины.

Схемы компенсации, учитывающие эти особенности, приведены на рис.1 и 2 для уменьшающего и увеличивающего компенсатора, соответственно.

Если использовать в качестве основы расчета точности компенсаторов и сборочной оснастки метод максимума-минимума, то условие достижения точности сборки при любом (в пределах n) числе компенсаторов в наборе примет вид [2]

$$TA_{\Delta} \geq C + \varepsilon_{pk} + n \cdot TK. \quad (1)$$

Максимальное значение погрешности выбора набора компенсаторов равно ступени компенсации C . С такой погрешностью измеренное значение компенсатора воспроизводится на выбранном наборе компенсаторов в самом неблагоприятном случае. Для сокращения числа компенсаторов в комплекте следует принять максимально допустимое значение C , при котором условие (3) превращается в равенство.

Если использовать комплекты компенсаторов, в которых размеры компенсаторов являются членами геометрической прогрессии со знаменателем 2 (последующий член в два раза больше предыдущего), то значение i -го члена такой прогрессии можно выразить формулой [3], приняв в качестве первого члена величину ступени компенсации C ,

$$C_i = 2^{i-1} \cdot C. \quad (2)$$

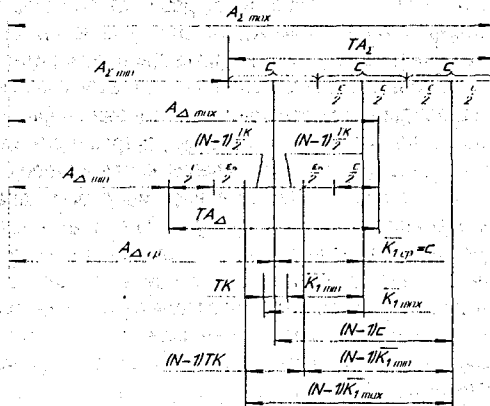


Рисунок 1 – Схема компенсации допусков составляющих звеньев регулированием комплектом одинаковых тонких уменьшающих компенсаторов

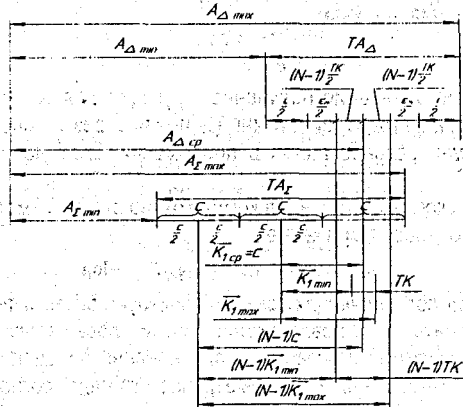


Рисунок 2 – Схема компенсации допусков составляющих звеньев регулированием комплектom одинаковых тонких увеличивающих компенсаторов

Сумма любого конечного числа n членов такой геометрической прогрессии определяется по формуле [3]

$$\sum_{i=1}^n K_i = (2^n - 1) \cdot C. \quad (3)$$

Число n компенсаторов в комплекте для каждого экземпляра изделия должно быть таким, чтобы сумма их размеров равнялась той части TA_{Γ} , которую нельзя компенсировать за счет допуска замыкающего звена конструкторской размерной цепи TA_{Δ} , то есть величине $TA_{\Gamma} - C$. Тогда предыдущее равенство приобретет вид

$$\sum_{i=1}^n K_i = (2^n - 1) \cdot C = TA_{\Gamma} - C. \quad (4)$$

После раскрытия скобок и преобразований получим

$$2^n = TA_{\Gamma} / C = N, \quad (5)$$

где N – число требуемых ступеней компенсации.

После логарифмирования предыдущего равенства по основанию 2 получим выражение для расчета числа требуемых компенсаторов в комплекте на каждый экземпляр изделия

$$n = \log_2(TA_{\Gamma} / C) = \log_2 TA_{\Gamma} - \log_2 C. \quad (6)$$

Чтобы использовать данное выражение необходимо предварительно определить величину ступени компенсации. Уравнение для расчета ступени компенсации можно получить из условия достижения точности замыкающего звена сборочной конструкторской размерной цепи, выраженное формулой (1). Подставив в данное условие выражение (6), после преобразований получим

$$TA_{\Delta} \geq C + \epsilon + TK \cdot \log_2 TA_{\Gamma} - TK \cdot \log_2 C. \quad (7)$$

Предпочтительным является максимально возможное значение C , при котором данное выражение обращается в равенство. Для получения более компактного выражения для расчета ступени компенсации выделим $\log_2 C$ в левую часть уравнения

$$\log_2 C = \frac{C + \epsilon + TK \cdot \log_2 TA_{\Gamma} - TA_{\Delta}}{TK}. \quad (8)$$

После потенцирования получим

$$c = 2^{\frac{C+c \cdot TK \cdot \log_2 TA_2 - TA_1}{TK}} \quad (9)$$

Численное решение уравнения полученной функции для определения степени компенсации выполнялось методом дихотомии (деления отрезка пополам) с помощью компьютерной программы, разработанной в приложении Excel на языке Visual Basic for Application (VBA).

Для расчета числа компенсаторов n в комплекте на один экземпляр изделия, с учетом значения C , использовалось выражение

$$n = \log_2(TA_2 / C) = \log_2 TA_2 - \log_2 C.$$

Значение допусков составляющих звеньев конструкторской и технологической цепей следует скорректировать так, чтобы значение n получалось целым.

Разработанные зависимости позволяют обоснованно определить степень компенсации и число компенсаторов – членов геометрического ряда, согласующиеся с параметрами точности компенсаторов и сборочной оснастки, используемой при достижении точности сборки методом регулирования. Она позволяет избежать необоснованно высоких требований к точности сборочной оснастки, обоснованно сократить число компенсаторов в комплекте на одно изделие и сократить себестоимость сборки.

Сравнительные расчеты степени компенсации и числа компенсаторов по методике, описанной в [4], и по предлагаемой методике, выполненные для размерных цепей плунжерных насосов, червячных редукторов, и других изделий показали, что в среднем число компенсаторов в комплекте на одно изделие уменьшается в 2...3 раза.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Палей, М.А. Допуски и посадки: справ.: в 2 ч. / М.А. Палей [и др.] – СПб.: Политехн., 2001. – ч. 2. – 608 с.
2. Выбор технологической оснастки для достижения точности сборки методом регулирования неподвижных компенсаторов / О.А. Медведев, П.Н. Ковальчук // Вестник БрГТУ. – Брест, 2008. – №4(52): Машиностроение, автоматизация, ЭВМ. – С. 40–44.
3. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1984.

УДК 621.7

Рачковская О.С.

Научный руководитель: старший преподаватель, Хоронжевский Ю.А.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЧЕРНЫХ СПЛАВОВ

Детали машин и приборов, передающих нагрузку, должны обладать жёсткостью и прочностью, достаточными для ограничения упругой и пластической деформации, при гарантированной надежности и долговечности. Из многообразия материалов в наибольшей степени этим требованиям удовлетворяют сплавы на основе железа – чугун и особенно стали.

Сплавы, микроскопические однородные системы, состоящие из двух или более металлов (реже – металлов и неметаллов) с характерными металлическими свойствами. Техническое значение металлических сплавов объясняется тем, что многие их свойства (прочность, твердость, электрическое сопротивление) гораздо выше, чем у составляющих их чистых металлов.

Черные сплавы широко используются в производстве газовых и электрических плит.

В основном в производстве для изготовления корпусных и лицевых деталей газовых и электрических плит используются листовые и рулонные стали толщиной от 0,7 до 1,2 мм в основном марки 08, а также сталь 08 с цинковым покрытием, для придания коррозионной стойкости.

Сталь 08 – углеродистая качественная сталь. Эта сталь более однородна, чем сталь обыкновенного качества и является более чистой по сере, фосфору и неметаллическим включениям. Сталь 08 хорошо деформируется, сваривается, обладает высокой пластичностью. Из-за способности к глубокой вытяжке ее применяют для холодной штамповки различных изделий. Кроме того, на поверхность изделий из данной стали хорошо ложится и не искажается при обжиге порошковая краска и силикатная эмаль. Цена стали 08 невысока, что объясняет ее широкое применение.

В состав плит входят детали, получаемые чугунным литьем: решетка стола и корпус конфорки электрической. Это объясняется следующими преимуществами чугунных деталей: долговечность, устойчивость к большим температурным воздействиям, к царапинам, повреждениям, сколам, широкие возможности для дизайна.

Черные сплавы широко применяются в инструментальном производстве, использование тех или иных материалов обусловлено условиями работы изделия, конструктивными и функциональными особенностями.

Номенклатурный перечень выпускаемой продукции инструментального цеха можно разделить на следующие группы: режущий инструмент (спецфрезы, спецсверла, метчики зенкера); инструмент 2-го порядка (электроды-инструменты); рабочие части штампов и форм (матрицы, пуансоны, вставки, знаки, валки); пакеты штампов, плиты, направляющие, колонки, втулки.

Режущий инструмент в зависимости от условий работы и назначения изготавливается из быстрорежущих сталей (P6M5, P9, P18) и твердых сплавов (BK8, BK20, Sandvic).

Инструмент 2-го порядка используется для электроэрозионной обработки: электроды-инструменты из чугуна, стали, графита, меди, вольфрама и других материалов.

Рабочие части штампов (вырубных; обрубных, вытяжных, пробивных) изготавливаются преимущественно из X12MФ, а также из P6M5 и чугуна.

Рабочие части форм изготавливаются из сталей марок 40X13, 95X18 из-за специфических требований к поверхностям, контактирующих с расплавами пластмассы, резины и прочих литейных материалов.

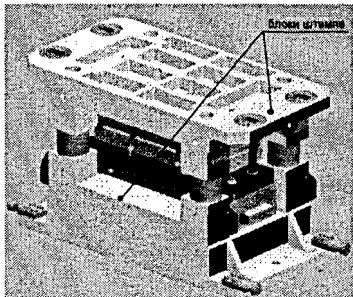


Рисунок 1 – Часть вытяжного штампа

В целях удешевления продукции чугунное сырье используется для изготовления штамповой оснастки: применяются марки чугунов СЧ-25 и ВЧ-80.

Марка СЧ-25 используется для изготовления блоков штампов (рис. 1) на прессы "Kaisei" и "Aida". Из заготовок, полученных литьем чугуна, изготавливают верхние и нижние плиты, на которые устанавливаются рабочие и вспомогательные детали штампов.

Чугун марки ВЧ-80 применяется для изготовления рабочих деталей (матрицы и пуансоны) вытяжных штампов, предназначенных для осуществления процесса формообразования.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технология конструкционных материалов: учеб. для студентов машиностроит. специальн. вузов / А.М. Дальский, Т.М. Барсукова, Л.Н. Бухаркин [и др.]; под ред. А.М. Дальского. – 5-е изд., исправлен. – М.: Машиностроение, 2004. – 512 с., ил.

2. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учеб. / Под ред. В.Б. Арзамасова, А.А. Черепихина. – М.: Академия, 2007. – 448 с.

ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

Содержание

ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

Содержание

ТЕХНИЧЕСКАЯ ИЗОЛЯЦИЯ НА ОСНОВЕ ЭЛАСТОМЕРОВ

В настоящее время одним из основных направлений развития, как промышленности, так и научной сферы, является разработка энергосберегающих технологий. Наряду со снижением энергетических затрат на отопление зданий, снижение потерь тепла на теплотрассах, это одна из наиболее важных задач в области энергосбережения. По данным Ассоциации производителей и потребителей трубопроводов с индустриальной полимерной изоляцией (Россия), потери тепла в системах централизованного теплоснабжения на пространстве СНГ составляют от 7 до 12%, однако фактически эта цифра в большинстве случаев достигает 20-30%, а на многих теплотрассах – 40% отпускаемого тепла [1]. Это в несколько раз превышает аналогичный показатель в передовых странах Западной Европы. Жилищно-коммунальное хозяйство является одной из основных крупнейших отраслей хозяйствования, где применяются трубопроводы в большом количестве. По данным Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь [2, 3], протяженность наружных сетей водоснабжения составляет 26,2 тыс. км, тепловых сетей – 4,99 тыс. км. Основную долю данных коммуникаций, построенных в 60-80-е годы XX в., составляют металлические и железобетонные трубы. На сегодняшний день изношенность сетей составляет 50-60%. Быстрому износу трубопроводов способствует то, что почвы в Беларуси преимущественно кислые, следствием чего является агрессивная подземная среда и, кроме того, высокий уровень грунтовых вод, что способствуют ускорению электрохимической коррозии металла и значительному снижению эффективности изоляции. Как правило, самые большие потери происходят в узлах примыкания. В таких местах температура поверхности трубопровода достигает +92°C. Чтобы сократить эксплуатационные расходы и добиться весомой экономии топливных ресурсов надо около 20-30% тепловых сетей диаметром 500 мм и выше реконструировать или полностью заменить. В некоторых местах замены требуют 100% магистралей теплоснабжения.

Применение в конструкциях тепловой изоляции оборудования и трубопроводов современных теплоизоляционных материалов и изделий плотностью не более 200-400 кг/м³ с высоким термическим сопротивлением (коэффициент теплопроводности в сухом состоянии всего 0,030-0,040 Вт/(м·К)) считается наиболее действенным способом повышения энергоэффективности. Кроме того, при выборе материалов в зависимости от условий эксплуатации дополнительно следует учитывать [4]: температуру изолируемой поверхности; паропроницаемость теплоизоляционного материала; агрессивность окружающей среды или веществ, содержащихся в изолируемых объектах; коррозионное воздействие; конфигурацию и размеры изолируемой поверхности; условия монтажа (стесненность, высотность, сезонность и др.); требования пожарной безопасности; допустимые нагрузки на изолируемую поверхность; наличие вибрации и ударных воздействий; санитарно-гигиенические требования; температуру применения теплоизоляционного материала; материал поверхности изолируемого объекта; температуру окружающей среды; требуемую долговечность теплоизоляционной конструкции.

На сегодняшний день на рынке представлен довольно большой ассортимент утеплителей для труб. Они производятся в виде матов, трубок, сегментов, цилиндров, рулонов, мастик и красок, в виде услуги по напылению теплоизоляции. Также на рынке предлагаются трубы, на которых уже присутствуют тепло- и гидроизоляция. К сожалению, не все

существующие теплоизоляционные материалы могут обеспечить надежную защиту от потерь тепла, одновременно отвечая требованиям эксплуатационной надежности и долговечности; безопасности для окружающей среды и обслуживающего персонала при эксплуатации [4]. В зависимости от технических условий на текущий момент для изоляции трубопроводов применяются теплоизоляционные материалы на основе минерального и стекловолокна, пеностекла, вспененного полиэтилена, экструдированного пенополистирола, эластомеров.

Утеплители на основе базальтового, стеклянного и других волокон обладают рядом преимуществ [5], среди которых экологичность, безопасность, высокая тепло- и шумоизоляция, пожаробезопасность. Однако наряду с этим многие волокнистые материалы подвержены увлажнению и гигроскопичны. В частности, распространенные в прежние годы в России шлаковата из доменных шлаков и негидрофобизированные марки стекловаты из отходов стекольной промышленности способны впитывать значительное количество влаги (до 200-300% по объему). Это значительно снижает срок службы материалов, а также создает неблагоприятную химическую среду для защищаемых инженерных коммуникаций. То есть для теплоизоляционных материалов из минерального и стеклянного волокна, применяемых в наружных ограждающих конструкциях зданий, показатель водостойкости является особенно важным. Водостойкость минеральной ваты зависит от модуля кислотности (отношение суммы кислотных оксидов ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$) к сумме щелочных оксидов ($\text{CaO} + \text{MgO}$)) и характеризуется показателем pH. Модуль кислотности продукции различных производителей имеет значения в диапазоне от 1,2 до 2-2,5. Водостойкость минеральной ваты возрастает с увеличением модуля кислотности волокна. Водостойкость стеклянных волокон существенно зависит от химического состава и диаметра волокна. Увеличение содержания щелочных оксидов до значений более 15-16% и уменьшение диаметра волокна приводит к снижению водостойкости волокна. Кроме того, водостойкость теплоизоляционных изделий из минерального и стеклянного волокна зависит также и от свойств применяемого при их изготовлении связующего. При изготовлении минераловатных изделий наиболее широко используется синтетическое связующее на основе фенолоспиртов с модифицирующими добавками, а также связующее на основе карбамидных смол, причем синтетическое связующее характеризуется более высокими показателями водостойкости.

Принимая во внимание возможность разрушения минеральных волокон с низким модулем кислотности и стеклянных волокон щелочного состава при контакте с влагой, при разработке конструкций с применением этих теплоизоляционных материалов следует предусматривать технические решения, ограничивающие деструктивное воздействие влаги на материал в процессе эксплуатации. К таким решениям относятся гидрофобизация материалов в процессе производства и применение конструктивных решений, предотвращающих или ограничивающих возможность конденсации влаги в конструкции, что приводит к повышению водостойкости и, соответственно, срока службы материала [1]. В современных минераловатных материалах введением специальных гидрофобизирующих добавок водопоглощение снижается менее чем до 1% (по объему).

Теплоизоляция на основе пеностекла применяется во всех сферах хозяйственной деятельности, в т. ч. и для изоляции трубопроводов. Ячеистое стекло имеет широкий диапазон рабочих температур. Это негорючий, химически стойкий, экологически чистый и долговечный материал. Гарантированный срок эксплуатации некоторых видов пеностекла более 100 лет [6]. Однако и этот материал не может обеспечить достаточную защиту трубопроводов из-за своей неустойчивости к ударным воздействиям. К тому же

производство пеностекла дорогостоящее, а при монтаже его необходимо разрезать, что требует больших затрат сил и времени. Все это значительно снижает эффективность применения ячеистого стекла как теплоизоляции для инженерных коммуникаций.

Такие теплоизолирующие материалы на основе органических полимеров, как пенополистирол, пенополиуретан, пенополиэтилен и т.п.; ввиду высокой гидрофобности твердой основы и закрытой ячеистости материала обладают крайне малым водопоглощением и паропроницаемостью, негигроскопичны [5]. К примеру, водопоглощение пенополистирола при погружении в воду на 7 дней составляет всего 0,5-1,5% от объема. Поэтому такие материалы достаточно хорошо подходят для утепления конструкций всех типов зданий и инженерных коммуникаций, подверженных обильному увлажнению: фундаментов, водопроводов и т.п. Однако эти органические материалы быстро подвергаются старению. Воздействие влаги и температур ухудшают структуру и ускоряют процесс старения. Кроме того, теплоизоляционным материалам на основе полимеров присущи такие недостатки, как недостатки как горючесть, сравнительно узкие температурные рамки эксплуатации, низкая прочность, которые в совокупности с деструктивными процессами в значительной мере снижают эффективность их применения для изоляции тепло- и водопроводных сетей.

Одними из новых, относительно недавно появившихся на рынке материалов, являющихся эластомерными утеплителями. Это материалы на основе вспененного каучука, обладающие повышенной паро- и водонепроницаемостью, эластичностью в широком диапазоне температур, низкой теплопроводностью, способностью к само затуханию при пожаре, высокой стойкостью к микроорганизмам и атмосферным явлениям. Именно этот материал прекрасно подходит для технической изоляции: он сочетает в себе преимущества органических материалов, но как у эластомерного материала, у него отсутствуют их недостатки.

Эластомеры (Elastomer) — это высокомолекулярные полимеры, находящиеся при обычных температурах в высокоэластичном состоянии [7]. Называют резиной или эластомером любой упругий материал, который может растягиваться до размеров во много раз превышающих его начальную длину (эластомерная нить), и, что существенно, возвращаться к исходному размеру, когда нагрузка снята. Такие свойства обусловлены линейным строением макромолекул, которые многократно изогнуты и свернуты в клубки. При растягивании эластомера молекулы распрямляются, а после снятия механической нагрузки возвращаются в свернутое состояние.

Эластомеры можно разделить на две группы: эластомеры химического сшивания и термопластические эластомеры. Химически сшитые эластомеры или резиновые материалы являются высокополимерами, макромолекулы которых сшиты крупными петлями с помощью добавления вулканизационного средства. Благодаря подобному химическому сшиванию они не поддаются плавлению и распадаются при высоких температурах. Более того, подобное сшивание способствует тому, что резиновые материалы являются нерастворимыми и в зависимости от среды менее или более сильно разбухают или сжимаются.

Термопластические эластомеры — это материалы, которые обладают характерными свойствами эластомеров в пределах достаточно широкого температурного диапазона. Однако их сшивание происходит физическим, а не химическим путём. Благодаря этому они плавятся при высоких температурах и поддаются переработке путём обычных термопластических методов переработки. Термопластические эластомеры растворимы и обладают более низкой способностью набухания по сравнению с их химически сшитыми

эквивалентами. Применение эластомеров определяется способностью их к высоким обратимым деформациям при комнатных температурах.

Лидером по производству теплоизоляции из вспененного каучука различного назначения на территории стран СНГ является компания K-FLEX. Техническая изоляция этого производителя применяется в промышленных и гражданских объектах любых климатических условий и используется в инженерных коммуникациях различных направлений. Материалы K-FLEX имеют ячеистую структуру и обладают улучшенными физико-механическими свойствами (по паропроницаемости уступают лишь битуму и металлам, водопоглощение значительно ниже, чем у пенополиэтилена и минваты), хорошей масло- и бензостойкостью, морозо- и износостойкостью [8]. Но все же основное преимущество изоляции K-FLEX – это то, что материал практически не меняет свои теплоизоляционные свойства с течением времени. За три года эксплуатации во влажных условиях теплопроводность материала K-FLEX увеличивается в среднем на 1,7%, тогда как пенополиэтилена – на 18%, минеральной ваты – на 55%. Эластомерный материал сочетает в себе все лучшие свойства полимерной теплоизоляции (такой как пенополистирол, пенополиуретан, пенополиэтилен) и долговечность неорганической теплоизоляции (такой, как пеностекло).

Нельзя не отметить и такое преимущество теплоизоляции K-FLEX, как технологичность. Материалы выпускаются в виде тройников, цилиндров и полуцилиндров, труб разных диаметров, что облегчает монтаж в труднодоступных местах. При установке не требуется сложных элементов крепления, для его монтажа требуется только клей. Наличие в ассортименте рулонов с самоклеющейся поверхностью еще больше упрощает работу с материалом.

Благодаря разработкам компании материалы K-FLEX имеют широкий ассортимент. Это позволяет подобрать нужную теплоизоляцию в соответствии с имеющимися условиями эксплуатации. K-FLEXST имеет диапазон рабочих температур от -200°C до $+105^{\circ}\text{C}$, что позволяет применять его для тепловой изоляции холодильной техники, вентиляции и кондиционирования, отопления и водоснабжения, промышленных трубопроводов, объектов нефтехимии. K-FLEXSOLARHT может способен работать при температурах до $+150^{\circ}\text{C}$ и применяется для тепловой изоляции объектов с повышенной температурой, промышленных трубопроводов, паропроводов низкого давления, солнечных электростанций. K-FLEXECO обладает повышенной экологической безопасностью и применяется для тепловой изоляции объектов с повышенными требованиями по безопасности: судостроение, железнодорожный транспорт, компьютерные центры, чистые комнаты. K-FLEXAIR представляет собой гибкий листовый эластомерный материал серого цвета, использование которого позволяет предотвратить образование конденсата и снизить энергопотери. Основная область применения – теплоизоляция для воздуховодов, системы вентиляции, системы кондиционирования.

Заключение

Техническая изоляция на основе эластомеров является перспективной отраслью развития теплоизоляционных материалов и изделий. Благодаря своим хорошим техническим характеристикам, эластомерные материалы применяются во многих отраслях промышленности: строительстве и реконструкции, нефтеперерабатывающей промышленности, судостроении и судоремонте, строительстве новых и реконструкции старых заводов, криогенике, водоканалах, промышленных холодильных установках, акустических системах и т.д., но особенно эффективно их применение для технической изоляции инженерных коммуникаций.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.energy-exhibition.com>
2. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://mjkk.gov.by>
3. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.termoplast.by/pr02.htm>
4. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Строительные нормы проектирования: ТКП 454-02-91-2009.
5. Захарченко, П.В. Тепло- и звукоизоляционные материалы и изделия в энергосберегающих технологиях / П.В. Захарченко, Е.М. Долгий, О.М. Гавриш, Ю.О. Галаган. – К.: Майстри, 2008. – 340 с.
6. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gomelglass.com>
7. Попов, А.Н. Основы материаловедения / А.Н. Попов, В.П. Казаченко. – Минск: Изд-во Гревцова, 2010. – 176 с.
8. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://energo.k-flex.by/>

УДК 69.003.12

Бренкович Е.С.

Научный руководитель: доцент Срывкина Л.Г.

СИСТЕМА ОПЛАТЫ ТРУДА НА ОСНОВЕ ГРЕЙДОВ

Министерства труда и социальной защиты РБ своим постановлением от 21 октября 2011 г. № 104 «Об утверждении рекомендаций по применению гибких систем оплаты труда в коммерческих организациях» определило ряд разновидностей гибких систем оплаты труда, которые могут применяться в коммерческих организациях республики [1], к числу которых относятся и *система оплаты труда на основе грейдов*.

Целью внедрения гибких систем оплаты труда является повышение материальной заинтересованности работников в достижении целей деятельности организации при соблюдении гарантий в области оплаты труда, предусмотренных законодательством.

Система грейдов для нас является относительно новой, а в других странах применяется для формирования заработной платы работников интеллектуального труда, результат деятельности которых сложно измерить количественными критериями [2].

Данная система строится на расположении всех должностей работников организации по соответствующим грейдам в зависимости от сложности и напряженности труда, его условий, уровня квалификации работников, в соответствии с чем определяется размер их заработной платы. При этом оценивается не конкретный работник, занимающий ту или иную должность, а *вес и ценность собственно должности*. На основе должностной инструкции по определенной шкале оцениваются необходимые для данной должности компетентность, квалификация, мера ответственности, результативность труда и другие критерии. В результате устанавливается диапазон должностных окладов, варьируя величину заработной платы, в пределах которого можно стимулировать уже конкретного работника повышать эффективность своей деятельности.

В соответствии с законодательством система оплаты труда на основе грейдов может использоваться только в коммерческих организациях, а для оплаты труда профессорско-преподавательского состава УО «Брестский государственный технический университет» применяется система оплаты труда на основе Единой тарифной сетки работников Республики Беларусь. Тем не менее, поскольку система на основе грейдов хорошо себя зарекомендовала в организациях, занятых интеллектуальным трудом, к которому можно отнести и преподавательский, мы провели исследование возможностей ее применения для формирования заработной платы профессорско-преподавательского состава университета.

Для формирования грейдов был проведен опрос экспертов, в качестве которых выступали студенты четвертого курса специальности «Экспертиза и управление недвижимостью», группа Н-6. Студентами были изучены должностные инструкции профессоров, доцентов, старших преподавателей и ассистентов кафедры экономики и организации строительства и произведена оценка в баллах сложности и напряженности их труда, условий труда, уровня квалификации работников профессорско-преподавательского состава.

В результате работы группы экспертов определены диапазоны должностных окладов профессорско-преподавательского состава в соответствии с требованиями, предъявляемыми соответствующими должностными инструкциями, а также рассчитаны межквалификационные отношения в уровне оплаты труда и сопоставлены с аналогичными показателями, определенными с использованием действующей тарифной системы.

Для оценивания должностей студентами был разработан следующий перечень необходимых критериев оценки:

- 1) ответственность;
- 2) самостоятельность в работе;
- 3) квалификация;
- 4) опыт работы;
- 5) уровень контактов;
- 6) сложность работы;
- 7) цена ошибки.

В результате опроса экспертов (23 человека) были выведены суммарные показатели оценки должностей в разрезе представленных критериев (таблица 1). Оценки по отдельным критериям были выведены как средние арифметические величины.

Таблица 1 – Суммарная оценка должностей в баллах в разрезе отдельных критериев

Должность	Оценка по критериям оценки должностей							Сумма баллов
	1	2	3	4	5	6	7	
Профессор	15	14	12	15	12	14	14	96
Доцент	14	13	11	14	11	13	13	89
Старший преподаватель	12	11	9	12	10	11	11	76
Ассистент	9	9	5	9	8	8	8	56

По результатам суммарной оценки должности были объединены в квалификационные группы (таблица 2) с учетом выведенных экспертами уровней оценивания должностей: 0 – 20 баллов – 1-й грейд; 31 – 40 баллов – 2-й грейд; 41 – 60 баллов – 3-й грейд; 61 – 80 баллов – 4-й грейд; 81 – 100 баллов – 5-й грейд.

В соответствии с данными таблицы 1 должности распределились по грейдам следующим образом: 5-й грейд – профессор, доцент; 4-й грейд – старший преподаватель; 3-й грейд – ассистент.

Далее были определены интервалы межквалификационных соотношений путем установления минимального и максимального коэффициента для каждого грейда. Эти коэффициенты показывают, во сколько раз оклады в соответствующем грейде больше, чем установленная в организации базовая заработная плата. Они устанавливаются наемателем самостоятельно. В нашем случае оценки были получены на основании опроса экспертов (группы Н-6) на основе диапазона максимальных и минимальных суммарных оценок должностей экспертами.

Принимая, что тридцати шести баллам суммарной оценки должностей соответствует коэффициент в интервалах межквалификационных соотношений, равный единице, считаем межквалификационный интервал для ассистента: от 1 до $71/36 = 1,9$. Аналогич-

ные расчеты для других должностей представлены в таблице 2. Как видим, интервалы перекрываются, что может содействовать материальной заинтересованности отдельных работников в повышении результативности труда.

Таблица 2 – Интервалы межквалификационных соотношений

Должность	Диапазон суммарных оценок должностей		Интервалы межквалификационных соотношений		
	минимальное значение	максимальное значение	K_{\min}	K_{\max}	размер интервала
Профессор	85	100	2,2	2,8	0,6
Доцент	78	97			
Старший преподаватель	58	87	1,6	2,4	0,8
Ассистент	36	71	1,0	1,9	0,9

Установленные коэффициенты переводятся в диапазон окладов путем умножения минимального и максимального коэффициентов на установленную в организации базовую заработную плату (базовые заработные платы).

Размер базовой заработной платы в коммерческих организациях может устанавливаться дифференцированно, в том числе для отдельных профессий (должностей) можно предусмотреть индивидуальный ее размер и определить соответствующий диапазон окладов.

Мы использовали в качестве минимального размера оплаты труда минимальную гарантированную сумму в соответствии с нашим законодательством – 1000000 руб. – и получили следующий результат (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты установления диапазонов окладов

Грейд	Минимальный оклад	Максимальный оклад	Должность
5-й	2200000	2800000	Профессор, доцент
4-й	1600000	2400000	Старший преподаватель
3-й	1000000	1900000	Ассистент

В данном случае предусмотрено, что диапазоны окладов по грейдам пересекаются, что позволит более гибко производить мотивацию труда работников.

Изложенное выше касается вопросов формирования *тарифной части заработной платы*, т.е. не касается стимулирующих и компенсирующих выплат: надбавок за продолжительность непрерывной работы, доплат за учетные степени и звания, премий и др.

На основании данных о стимулирующих и компенсирующих выплатах для профессорско-преподавательского состава был определен размер материального вознаграждения для работников рассматриваемых должностей. Для сопоставления рассчитан размер заработной платы профессоров, доцентов, старших преподавателей и ассистентов по существующей тарифной системе (таблица 4).

Таблица 4 – Сравнение размеров заработной платы, рассчитанной по тарифной системе и системе грейдов

Должность	Заработная плата, всего, млн. руб.		
	по системе грейдов		По тарифной системе
	диапазон	средняя	
Профессор	5,746-6,768	6,257	3,922
Доцент	4,946-5,968	5,457	2,977
Старший преподаватель	3,765-5,647	4,706	2,381
Ассистент	2,093-3,977	3,035	2,033

Очевидной является разница в размерах заработной платы, определенной разными способами. Но при построении системы оплаты труда на основе грейдов материальное вознаграждение работников зависит от величины базовой заработной платы, а в нашем случае она была принята нами на существенном уровне – 1 000 000 рублей. Варьируя размером базовой заработной платы с учетом финансовых возможностей организации, можно рассчитать приемлемый уровень оплаты труда.

В данном случае интерес представляет динамика межквалификационных соотношений для разных систем оплаты труда.

Примем заработную плату ассистента за единицу и определим межквалификационные отношения размеров заработной платы для разных должностей. Наглядно данная ситуация показана на рисунке.

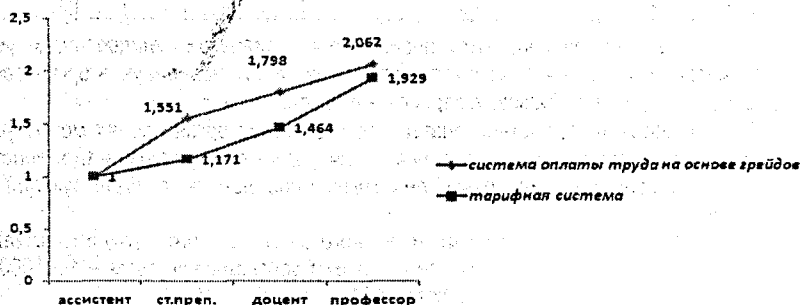


Рисунок – Динамика межквалификационных соотношений

Результаты оценки группой экспертов сложности и напряженности труда предполагают большую дифференциацию в уровне оплаты труда старших преподавателей и доцентов по сравнению с действующей тарифной системой: для старших преподавателей – 55,1% по отношению к ассистентам, для доцентов – 79,8% по отношению к ассистентам (при тарифной системе 17,1% и 46,4% соответственно). В отношении оплаты труда профессоров получены более близкие оценки в сравниваемых системах: 106,2% по системе оплаты труда на основе грейдов и 92,9% по тарифной системе.

Результаты исследования возможностей применения системы оплаты труда на основе грейдов для оплаты труда профессорско-преподавательского состава позволяют сделать следующие **выводы**:

1. Данная система позволяет учесть сложность выполняемой работы, уровень квалификации, компетентность, меру ответственности, самостоятельности, предписываемые работникам определенных должностей.

2. Результаты опроса экспертов продемонстрировали большую дифференциацию в уровне квалификационных требований и, соответственно, большую дифференциацию в уровне оплаты труда ассистентов, старших преподавателей, доцентов, чем это предусматривается системой оплаты труда на основе Единой тарифной сетки работников РБ.

3. Построение системы оплаты труда с пересечением должностных окладов по грейдам позволит более гибко проводить мотивацию труда работников.

4. Применение системы грейдов для оплаты труда профессорско-преподавательского состава будет содействовать усилению материальной заинтересованности работников в повышении результативности и труда и, в конечном итоге, достижению целей деятельности организации.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рекомендации по применению гибких систем оплаты труда в коммерческих организациях: пост. Министерства труда и социальной защиты Респ. Бел., 21 окт. 2011 г., № 104.
2. Якушева, А. Разработка положения об оплате труда работников коммерческих организаций в условиях применения гибких систем оплаты труда / А. Якушева // Национальная экономическая газета. Информбанк. – 2011. – № 98. – С. 27–30.

УДК 624.012

Васильков М.С.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Бранцевич В.П.

ПРОЧНОСТЬ ПЛОСКИХ КОНТАКТОВ СОСТАВНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

Сборно-монолитные конструкции представляют собой рациональное сочетание сборного и монолитного бетонов. В силу наличия в едином сечении бетонов с различными прочностными и деформативными характеристиками и процессов перераспределения усилий между ними, изучение прочности зоны контакта сборной и монолитной частей конструкции при циклических нагрузках является важной и непростой задачей.

1. Работа плоского контакта сборно-монолитной конструкции при сдвиге в условиях статического нагружения

Контактный шов из-за наличия в нём непробетонированных частей, частиц пыли, появления усадочных трещин и т.п. в общем случае представляет собой ослабленный элемент по высоте сечения. Вследствие этого, нарушение сплошности плоских контактов и последующее разрушение происходит непосредственно по контактному шву. В связи с этим при расчете прочности сборно-монолитных конструкций возникает необходимость в оценке прочности контактного шва на сдвиг.

В работе [1] проведены экспериментальные исследования на сборно-монолитных балках и образцах, имитирующих работу контакта на сдвиг, с плоской шероховатой поверхностью шва и поперечной арматурой. Условие прочности контакта предлагается записывать в виде:

$$Q_{sh} \leq \tau_{ct} b \cdot I_{oxm} + N \cdot f_{mp} + A_s' \sigma_{s,ct} + A_s R_{sh}, \quad (1)$$

где Q_{sh} – усилие сдвига по контакту; $\sigma_{s,sh}$ – сопротивление срезу на участке контакта между бетонами; R_{sh} – сопротивление срезу арматуры на участке активного сцепления; $f_{\delta,d}$ – коэффициент трения бетона; A_s, A_s' – суммарные площади поперечного сечения хомутов, соответственно в растянутой и сжатой зонах.

Испытания показали, что для армированного шероховатого контакта предельное сопротивление бетона срезу на длине площадки $l_{sh} \leq 20$ см можно принять $\tau_{ct} = 2R_{bt}$. При большей длине площадки сопротивление бетона срезу определяется по формуле

$$\tau_{ct} = 2R_{bt} \frac{l_{sh,20}}{l_{sh}} m, \quad (2)$$

$$m = 1 + 0,05(l_{sh} - l_{sh,20}). \quad (3)$$

Расчетная величина напряжений не должна превышать

$$\tau_{b,расч} = \gamma_b \omega_b \tau_b = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 2R_{bt} = 0,5R_{bt}, \quad (4)$$

где γ_b – коэф-т условий работы; ω_b – коэф-т полноты эпюры касательных напряжений.

С.А. Корейба и др. [2], проанализировав проведенные экспериментальные исследования, отобрали ряд факторов, влияющих на сопротивление шва между сборным и монолитным бетонами сдвигу: степень обжатия шва, шероховатость поверхности, процент армирования и длина площадки среза. При оценке значимости факторов наиболее значимыми оказались степень обжатия, шероховатость поверхности и процент армирования. Длина шва не оказывает значительного влияния на сопротивление контакта сдвигу.

Б.Л. Городецкий [3] предлагает проверять прочность балки с поперечной арматурой в зависимости от прочности контакта по условию

$$Q \leq \frac{R_c b h_n + 0,8 z q_x \cdot (1,9 b_n x / E_d)}{\left(1 - 0,5 \frac{F_d}{1,9 b_n x}\right) T}, \quad (5)$$

где b_n – ширина полки; h_n – высота сборной части балки; z – расстояние между продольными усилиями в наклонном сечении балки;

$$T = \frac{F_{n,a}}{F_n} = \frac{e_n S_{n,a}}{I_n};$$

$F_{n,a}$ – приведенная площадь поперечного сечения сборной части балки; $S_{n,a}$ – приведенный статический момент инерции сборной части балки относительно центра тяжести всего сечения; I_n – приведенный момент инерции всего сечения.

2. Работа плоского контакта сборно-монолитной конструкции при сдвиге в условиях циклического нагружения

На данный момент в мировой практике недостаточно экспериментальных и теоретических работ, посвященных исследованию поведения контактного шва сборно-монолитных конструкций при действии циклических нагрузок.

Нарушение контакта между двумя бетонами при циклическом нагружении может привести к уменьшению несущей способности конструкции и к её разрушению, а также резко изменить динамические характеристики конструкций, что может повлечь за собой явление эффекта резонанса.

Стоит сразу отметить основные предпосылки, используемые большинством исследователей при рассмотрении вопросов сопротивления контактного шва сдвигу:

- несущая способность неармированных контактных швов при сдвиге обеспечивается только за счет сил сцепления;

- несущая способность контактного шва при сдвиге обеспечивается за счет сил зацепления по поверхности сопряжения двух бетонов и нагельной работы поперечной арматуры;

- при определении нагельного эффекта арматуры, пересекающей контактный шов, в качестве расчетной следует рассматривать схему в виде стержня заделанного в бетонном массиве, с сосредоточенной поперечной силой на свободном конце, при этом рассматривается та часть элемента (сборная или монолитная), бетон которой по прочностным характеристикам уступает другой, т.е. проводится сечение по контактному шву и для упрощения расчетной схемы часть элемента с более прочным бетоном отбрасывается;

- нагельный эффект поперечной арматуры обеспечивается за счет работы на изгиб самого арматурного стержня и работы на смятие бетона под арматурой;

- в восприятии поперечного усилия за счет нагельного эффекта арматуры участвует только часть бетонного основания под арматурой, называемая зоной активного деформирования бетона, а работой остальной части, в силу незначительности, можно пренебречь;

- предполагается, что в предельном состоянии бетон в зоне активного деформирования работает неупруго;

- в качестве критерия исчерпания несущей способности контактного шва при сдвиге принимаются 3 случая предельного напряженно-деформированного состояния:

1. Разрушение от достижения напряжениями в арматуре при изгибе предела прочности стали.
2. Разрушение от смятия бетона под арматурой.
3. Одновременное достижение предельных состояний по несущей способности бетоном и арматурой.

Ил.Т. Мирсяяповым [4] проведены экспериментальные и теоретические исследования выносливости контактных швов сборно-монолитных балок. Образцы для испытаний отличались классами бетонов, высотой монолитной части и наличием поперечной арматуры. Параметры нагружения также варьировались для каждой серии образцов. Однако ни в одной серии балок разрушение по контактному шву не наблюдалось.

Сопротивление контакта сдвигу рекомендуется определять в виде суммы сопротивлений за счет сил сцепления, зацепления частиц через трение и сжатие и нагельной работы поперечной арматуры. Также отмечается, что для обеспечения совместной работы двух бетонов при циклическом нагружении напряжения, действующие по контактному шву, не должны превышать предел выносливости, а чтобы судить о трещиностойкости и прочности контакта необходимо знать касательные напряжения по контакту τ_b до образования трещины отрыва, касательное напряжение в поперечной арматуре τ_w и напряжение смятия $\sigma_{b,loc}$ в монолитном бетоне под поперечной арматурой после образования трещины отрыва.

Для определения вышеперечисленных напряжений предложены формулы [4]:

$$\tau_{b,max} = \frac{T_{sh,max}}{b \cdot l_{sh} + \frac{G_w}{G_b} \cdot n \cdot A_{sw}}; \quad (6)$$

$$\tau_{w,max} = \frac{T_{sh,max} - T_{f1} - T_{f2}}{n \cdot A_{sw}}; \quad (7)$$

$$\sigma_{b,loc,max} = \frac{2(T_{sh,max} - T_{f1} - T_{f2})}{n \cdot a_m \cdot d_w}; \quad (8)$$

где T_{f1}, T_{f2} – силы трения по контакту; $n \cdot A_{sw}$ – количество поперечной арматуры, пересекающей контакт; G_w, G_b – модули сдвига поперечной арматуры и монолитной части конструкции.

А.В. Харченко [5] проведены обширные экспериментальные исследования прочности и деформативности контакта сборно-монолитных конструкций в условиях циклического нагружения. При проведении испытаний армированных образцов за разрушение принималась дестабилизация нагрузки от нарушения сплошности контакта, резкое увеличение градиента деформаций контактного слоя.

Также были проведены испытания 3 серий сборно-монолитных балок на статическую и циклическую нагрузки. Балки I серии были прямоугольного, II и III серий таврового поперечного сечения. Разрушение по контакту наблюдалось только в III серии балок, у которых контактный шов не был армирован. Прочность контакта предлагается проверять по условию

$$\tau = \frac{Q_{sh}}{b_{sh} l_{sh}} \leq \tau_{sh}, \quad (9)$$

$$\tau_{sh} = \tau_{ss} + \tau_{or} + \tau_{do} + \tau_s; \quad (10)$$

где b_{sh} , l_{sh} – размеры участка сдвига; τ_{ss} – сопротивление за счёт сцепления и механического зацепления; τ_{or} – то же, за счет работы шпонок; τ_{do} – то же, за счет трения; τ_s – то же, за счет работы поперечной арматуры на срез.

Выносливость контакта определяется по аналогичному (16) выражению.

$$\tau_{sh} = k_1 \tau_{ss} + k_2 \tau_{or} + k_3 \tau_{do} + k_4 \tau_s, \quad (11)$$

где k_1 , k_2 , k_3 , k_4 – коэффициенты, учитывающие влияние уровня нагружения, коэффициента асимметрии цикла и частоты нагружения.

Выводы

Выполненный анализ экспериментальных и теоретических исследований, проведенных различными авторами, а также нормативных документов различных стран позволяет сформулировать применительно к оценке несущей способности контактного шва при циклических нагружениях следующие основные выводы:

1. Сопротивление стыковых соединений сборно-монолитных конструкций при действии статических нагрузок изучено достаточно детально. Вместе с тем, практически полностью отсутствуют данные об исследовании стыковых соединений при циклических нагружениях.

2. Не существует единого подхода к определению сдвигающих усилий по контакту, несущей способности контактных швов между сборным и монолитным бетонами, а также нет единого критерия предельного состояния.

3. В существующих методах расчета не достаточно полно отражаются действительные напряженно-деформированные состояния контактных швов при сдвиге, как при статическом, так и при циклическом нагружениях. Они, как правило, основаны на использовании эмпирических коэффициентов, учитывающих те или иные особенности железобетона и условий нагружения.

4. Жесткость контактного шва на сдвиг, напряжения, коэффициенты асимметрии цикла в бетоне и арматуре контакта непрерывно изменяются в процессе циклического нагружения вследствие проявления виброползучести бетона под поперечной арматурой контакта в связанных условиях и уменьшения прочности бетона. Эти процессы нельзя не учесть при определении прочности контакта при циклических нагрузках. Поэтому существующие расчётные зависимости (например в Eurocode 2) будут давать существенную погрешность, т. к. не могут учесть постоянно изменяющееся напряженно-деформированное состояние контакта вводом только одного коэффициента, зависящего от состояния поверхности контакта.

5. Нормы проектирования различных стран при формировании требований по расчёту сборно-монолитных конструкций либо вовсе не уделяют внимания циклическим нагружениям (как это сделано в АСН), либо запрещают применение составных конструкций при действии циклических нагружений (например, СНБ 5.03.01). Тем не менее, значительные группы составных конструкций испытывают циклические нагружения и учёт этого эффекта необходим при проектировании.

Исходя из вышесказанного, можно заключить, что задача оценки прочности контактных швов сборно-монолитных конструкций требует более подробного изучения и разработки новых методов расчета, наиболее полно учитывающих напряженно-деформированное состояние контакта при действии статических, а в особенности циклических нагрузок.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Запругин, Г.Н. Исследование прочности и деформативности контакта при срезе в сборно-монолитных конструкциях // Сб. научн. тр. Челябинск. политехн. ин-та. – Челябинск, 1974. – №149. – С. 162-172.
2. Корейба, С.А. Определение прочностных характеристик технологических швов между старым и новым бетонами / С.А. Корейба, Ю.К. Люненко, Н.Г. Негура, А.П. Скрипкин // Совершенствование строительных конструкций и строительного производства. – Кишинев, 1984. – С. 28-33.
3. Городецкий, Б.Л. Экспериментально-теоретические исследования прочности контакта в сборно-монолитных предварительно напряженных железобетонных конструкциях: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 – Свердловск: 1969. – 184 с.
4. Мирсаяпов, Ил.Т. Исследование выносливости сборно-монолитных железобетонных изгибаемых элементов: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. – Москва 1988. – 243 с.
5. Харченко, А.В. Исследование прочности сборно-монолитных изгибаемых конструкций по нормальным сечениям: Автор. дис. ... канд. техн. наук 05.23.01 – Киев, 1978. – 19 с.

УДК 624.04:519.3

Веренич А.А.

Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.

РАСЧЁТ ИЗГИБАЕМЫХ ПЛИТ, ОПЁРТЫХ ПО КОНТУРУ, НА ВЕРТИКАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ

Уравнение Софи Жермен–Лагранжа[1, 2]:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{q(x, y)}{D}, \tag{1}$$

где $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$, h – толщина плиты, E – модуль упругости, ν – коэффициент Пуассона, $q(x, y)$ – функция заданной нагрузки, $w(x, y)$ – функция прогибов точек плиты, в разностной форме с учетом выражений, представленных в [3], для i -й точки принимает вид:

$$20w_i - 8(w_a + w_b + w_c + w_d) + 2(w_e + w_f + w_g + w_h) + (w_k + w_l + w_m + w_n) = \frac{q\lambda^4}{D}, \tag{2}$$

где $a, b, c, d, e, f, g, h, k, l, m, n$ – узлы сетки; λ – шаг сетки (рисунок 1).

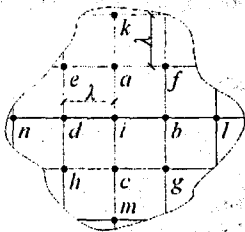


Рисунок 1

Изгибающие моменты в сечениях плиты M_x и M_y определяются выражениями:

$$M_x = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right), \quad M_y = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right), \tag{3}$$

которые в разностной форме записываются в виде:

$$M_{x,i} = \frac{D}{\lambda^2} [(2 + 2\nu)w_i - \nu(w_f + w_c) - (w_b + w_d)], \tag{4}$$

$$M_{y,i} = \frac{D}{\lambda^2} [(2 + 2\nu)w_i - \nu(w_b + w_d) - (w_a + w_c)]. \tag{5}$$

Плита является двумерной системой, поэтому для удобства составления разностных выражений вида (2, 4, 5) их удобно представить в матрично-операторной форме:

$$\begin{bmatrix} & & 1 & & \\ & 2 & -8 & 2 & \\ 1 & -8 & 20 & -8 & 1 \\ & 2 & -8 & 2 & \\ & & 1 & & \end{bmatrix} \cdot w_i - \frac{q\lambda^4}{D} = 0 \tag{6}$$

$$M_{x,i} = \frac{D}{\lambda^2} \cdot \begin{bmatrix} -\nu & & \\ -1 & 2+2\nu & -1 \\ & & -\nu \end{bmatrix} \cdot w_i, \quad M_{y,i} = \frac{D}{\lambda^2} \cdot \begin{bmatrix} & & -1 \\ -\nu & 2+2\nu & -\nu \\ & & -1 \end{bmatrix} \cdot w_i \quad (7)$$

где каждая клеточка оператора отвечает соответствующему узлу сетки (рисунок 1) по месту её положения относительно средней клетки (i -й узел), а её содержание указывает, на какой коэффициент в разностном уравнении следует умножить перемещение w соответствующего узла.

Рассмотрим, например, прямоугольную плиту, которую разобьём сеткой на 14×12 частей с одинаковым шагом в обоих направлениях (рисунок 2). Рассматриваемые здесь и далее плиты симметричны относительно обеих осей x и y , поэтому расчёт будем вести для четверти плиты.

Для каждой точки сетки, в которой имеется неизвестное перемещение w , записывается уравнение вида (6). При записи этих уравнений приходится использовать контурные узлы и один ряд внеконтурных узлов (рисунок 2).

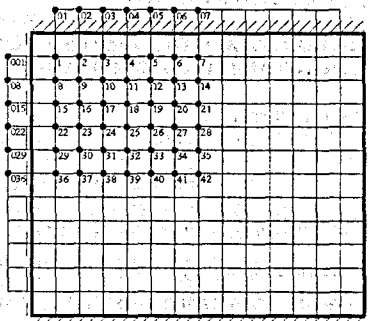


Рисунок 2

Значения функции w в этих узлах, с использованием граничных условий, выражаются через её значения во внутренних узлах и в конечных разностях для защемленного края имеют вид [3]:

$$a) w_{\text{конт.}} = 0; \quad б) w_{\text{защемл.}} = w_{\text{внутр.}} \quad (8)$$

Для шарнирноопёртого края соответственно получим:

$$a) w_{\text{конт.}} = 0; \quad б) w_{\text{защемл.}} = -w_{\text{внутр.}} \quad (9)$$

Тогда для плиты, представленной на рис. 2, будем иметь:

$$w_{01} = w_1, w_{02} = w_2, w_{03} = w_3 \text{ И } w_{001} = -w_1, w_{08} = -w_8, w_{015} = -w_{15} \text{ И Т. Д.}$$

Рассмотрим железобетонную плиту перекрытия размером $l = 7 \text{ м}$, $b = 6 \text{ м}$, $b = 0,22 \text{ м}$, жестко защемленную с двух противоположных сторон и шарнирно опертую с двух других сторон, нагруженную по всей плоскости равномерно распределённой нагрузкой. Приведенные характеристики материала плиты примем равными: $E = 1 \cdot 10^9 \text{ кПа}$, $\nu = 0,2$.

Плиту разобьём квадратной сеткой с шагом $\lambda = 0,5 \text{ м}$ – нумерация узлов представлена на рисунке 2. Плита имеет две оси симметрии x и y , поэтому расчёт можно выполнить для четверти плиты. Для каждого узла сетки составляем разностные уравнения вида (2) с учётом граничных условий (9), (10). Решая систему уравнений, составленную в

конечно-разностной форме, в среде компьютерной математики MathCAD [4], получим величины перемещений, показанные в табл. 1. На основании величин прогибов на рисунке 6 изображён деформированный вид плиты. По полученным результатам для прогибов по выражениям (7) вычислим изгибающие моменты в узловых сечениях (табл. 1) и построим эпюры изгибающих моментов M_x и M_y (рисунки 3, 4).

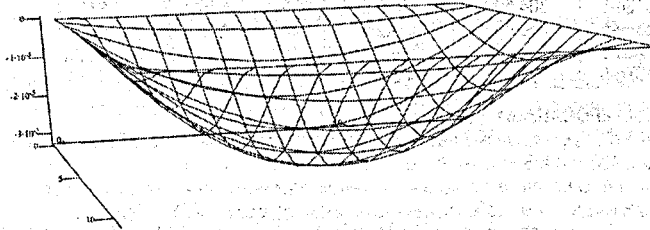


Рисунок 3 – Деформированный вид плиты

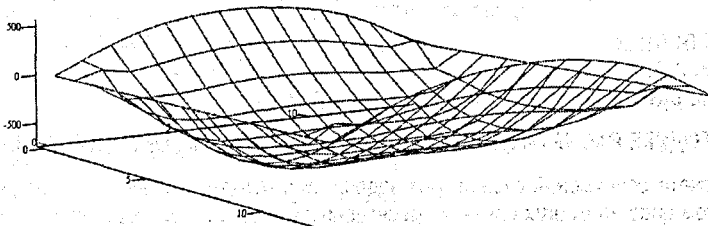


Рисунок 4 – Эпюра изгибающего момента M_x

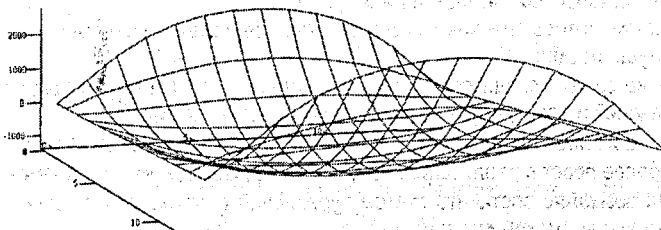


Рисунок 5 – Эпюра изгибающего момента M_y

Таблица 1 – Перемещения и изгибающие моменты в плите

Узел	$w_i, \text{ м}$	$M_{xi}, \text{ Н} \cdot \text{ м}$	$M_{yi}, \text{ Н} \cdot \text{ м}$	Узел	$w_i, \text{ м}$	$M_{xi}, \text{ Н} \cdot \text{ м}$	$M_{yi}, \text{ Н} \cdot \text{ м}$
1	3.797e-7	-114.422	-135.281	22	2.171e-6	-666.266	-71.745
2	1.006e-6	-67.316	-301.831	23	6.178e-6	-92.709	171.62
3	1.651e-6	-67.723	-504.687	24	1.054e-5	245.018	379.86
4	2.203e-6	-88.368	-696.561	25	1.443e-5	434.187	542.686
5	2.611e-6	-112.539	-848.307	26	1.74e-5	532.802	657.885
6	2.859e-6	-130.334	-944.181	27	1.925e-5	578.124	726.163
7	2.941e-6	-136.763	-976.837	28	1.987e-5	590.997	748.744
8	1.076e-6	-213.148	-14.592	29	2.491e-6	-787.691	-83.112
9	2.824e-6	-44.288	-17.925	30	7.154e-6	-120.843	202.911
10	4.686e-6	72.782	-43.376	31	1.227e-5	281.662	458.009
11	6.318e-6	126.965	-78.776	32	1.685e-5	512.197	664.473
12	7.549e-6	146.205	-113.181	33	2.037e-5	635.457	814.246

Продолжение таблицы 1

13	8.304e-6	150.435	-137.569	34	2.255e-5	693.646	904.484
14	8.557e-6	150.686	-146.323	35	2.329e-5	710.494	934.572
15	1.678e-6	-477.007	-56.928	36	2.601e-6	-829.532	-87.697
16	4.667e-6	-59.382	106.088	37	7.489e-6	-131.478	211.971
17	7.884e-6	177.618	226.444	38	1.287e-5	293.206	481.861
18	1.073e-5	304.609	310.643	39	1.769e-5	538.173	702.26
19	1.289e-5	366.632	365.257	40	2.14e-5	670.11	863.215
20	1.422e-5	392.953	395.638	41	2.37e-5	732.85	960.613
21	1.467e-5	399.974	405.347	42	2.448e-5	751.106	993.158

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Караманский, Т.Д. Численные методы строительной механики / Пер с болг.; под ред. Г.К. Клейна. – М.: Стройиздат, 1981. – 436 с.
2. Веренич, А.А. О методике расчета изгибаемых плит методом конечных разностей / А.А. Веренич // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов / БрГТУ. – Брест, 2012.
3. Макаров, Е.Г. Инженерные расчеты в MathCad: учебный курс. – СПб.: Питер, 2005. – 448 с.

УДК 624.04:519.3

Веренич А.А.

Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.

О МЕТОДИКЕ РАСЧЁТА ИЗГИБАЕМЫХ ПЛИТ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ

В расчёте сооружений существуют задачи, для которых получить точное решение в замкнутом виде во многих случаях, на сегодняшний день, либо невозможно, либо очень сложно [1, 2]. В таких случаях для решения задач используют численные методы. Один из них – метод конечных разностей (МКР) [1, 2].

Применение метода конечных разностей характеризуется следующими особенностями и преимуществами:

- решение задачи сводится к решению системы алгебраических уравнений относительно значений искомой функции на заданном множестве точек;
- в решениях МКР используются и получаются достаточно простые выражения;
- МКР более прост в реализации, чем, например, метод конечных элементов (МКЭ);
- всегда возможно составить систему уравнений с симметричной ленточной матрицей, являющейся основой решения;
- возможно применение разностных уравнений повышенной точности [2].

В работе рассматривается расчёт методом конечных разностей изгибаемых плит с промежуточными опорами при действии вертикальной статической нагрузки.

Решения задач строительной механики и теории упругости, в сущности, являются решениями некоторых дифференциальных уравнений или систем дифференциальных уравнений. Точное решение таких уравнений возможно в отдельных простых случаях при специально подобранных физических характеристиках и граничных условиях рассматриваемой конструкции. Практика располагает огромным числом разнообразных конструкций, для которых во многих случаях точного решения в замкнутом виде не существует. В этих случаях численные методы дают богатые возможности для получения решения. Метод конечных разностей – классический образец метода этого направления.

Основная идея метода конечных разностей состоит в следующем [1, 2]. На объекте располагается система узловых точек. Задача считается решённой, если известны значения участвующих в решении функций в этих точках.

Для того чтобы определить значения функций в узловых точках, производные в дифференциальных уравнениях заменяются конечными разностями. Полученные таким образом разностные уравнения (уравнения в конечных разностях) представляют собой алгебраические уравнения, содержащие только значения рассматриваемых функций в известном числе узловых точек, умноженные на константы.

Для каждой узловой точки записывается столько разностных уравнений, сколько значений неизвестных функций в узле. Если количество искомых функций – m , для их определения записывается m дифференциальных уравнений, которым соответствует m разностных уравнений. Вместе с граничными условиями, которые записываются также в разностной форме, эти уравнения образуют систему алгебраических уравнений, решение которой даёт нам узловые значения неизвестных функций, что и является решением данной задачи.

Если кроме значений, участвующих в решении функций, нас интересует ещё и их производные, то для их определения снова используют разностные выражения.

Выражения производных в конечных разностях имеют вид:

Для второй производной в точке i :

а) слева через правые разности:

$$y_i'' = \frac{y_i' - y_{i-1}'}{\lambda} = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{\lambda^2}; \quad (1.1)$$

б) справа через левые разности:

$$y_i'' = \frac{y_{i+1}'' - y_i''}{\lambda} = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{\lambda^2}. \quad (1.2)$$

Для четвертой производной:

а) слева – через правые y_i'''' :

$$y_i'''' = \frac{y_i'''' - y_{i-1}''''}{\lambda} = \frac{y_{i+2} - 4y_{i+1} + 6y_{i-1} - 4y_{i-1} + y_{i-2}}{\lambda^4}; \quad (2.1)$$

б) справа – через левые y_i'''' :

$$y_i'''' = \frac{y_{i+1}'''' - y_i''''}{\lambda} = \frac{y_{i+2} - 4y_{i+1} + 6y_{i-1} - 4y_{i-1} + y_{i-2}}{\lambda^4}. \quad (2.2)$$

Основной проблемой расчёта плит является определение функции прогибов $w(x, y)$ как интеграла дифференциального уравнения Софи Жермен–Лагранжа:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{q(x, y)}{D}; \quad (3)$$

где $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$, h – толщина плиты, E – модуль упругости, ν – коэффициент Пуассона,

$q(x, y)$ – функция заданной нагрузки.

Изгибающие моменты M_x и M_y определяются выражениями:

$$M_x = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right), \quad M_y = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right). \quad (4)$$

Уравнение Софи Жермен–Лагранжа (3) в разностной форме с учётом (1.1–2.2) для i -й точки примет вид:

$$20w_i - 8(w_a + w_b + w_c + w_d) + 2(w_e + w_f + w_g + w_h) + (w_k + w_l + w_m + w_n) = \frac{q\lambda^4}{D}, \quad (5)$$

где $a, b, c, d, e, f, g, h, k, l, m, n$ – узлы сетки; λ – шаг сетки (рисунок 1).

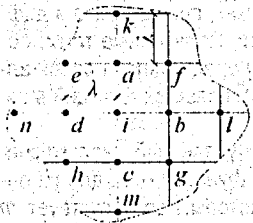


Рисунок 1

Изгибающие моменты (4) в разностной форме примут вид:

$$M_{x,i} = \frac{D}{\lambda^2} [(2 + 2\nu)w_i - \nu(w_a + w_c) - (w_b + w_d)]; \quad (6)$$

$$M_{y,i} = \frac{D}{\lambda^2} [(2 + 2\nu)w_i - \nu(w_b + w_d) - (w_a + w_c)]. \quad (7)$$

Плита является двумерной системой, поэтому для удобства составления разностных уравнений вида (5, 6, 7) их можно представить в матрично-операторной форме:

$$\begin{array}{ccccc} & & 1 & & \\ & 2 & -8 & 2 & \\ 1 & -8 & 20 & -8 & 1 \\ & 2 & -8 & 2 & \\ & & 1 & & \end{array} \cdot w_i - \frac{q\lambda^4}{D} = 0; \quad (8)$$

$$M_{x,i} = \frac{D}{\lambda^2} \cdot \begin{array}{ccc} & -\nu & \\ -1 & 2+2\nu & -1 \\ & -\nu & \end{array} \cdot w_i \quad M_{y,i} = \frac{D}{\lambda^2} \cdot \begin{array}{ccc} & -1 & \\ -\nu & 2+2\nu & -\nu \\ & -1 & \end{array} \cdot w_i \quad (9)$$

где каждая клеточка оператора отвечает соответствующему узлу сетки (рисунок 1) по месту её положения относительно средней клетки (i -й узел), а её содержание указывает, на какой коэффициент в разностном уравнении следует умножить перемещение w соответствующего узла.

Рассмотрим, например, прямоугольную плиту, которую разобьём сеткой на 14×12 частей с одинаковым шагом в обоих направлениях (рисунок 2). Данная плита симметрична относительно обеих осей x и y , поэтому расчёт достаточно провести для четверти плиты.

Для каждой точки сетки, в которой имеется неизвестное перемещение w , записывается уравнение вида (8). При записи этих уравнений приходится использовать контурные узлы и один ряд внеконтурных узлов (рисунок 2).

Значение функции w в этих узлах выражаются через её значения во внутренних узлах, используя граничные условия, которые для защемлённого края имеют вид:

а) прогиб на опоре равен нулю — $w_{\text{контр.}} = 0$;

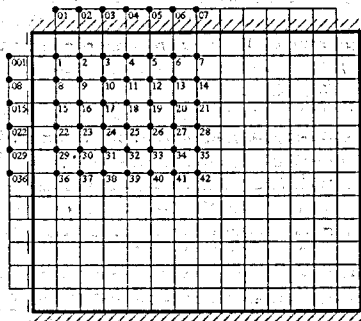


Рисунок 2

б) угол поворота равен нулю $-\frac{\partial w}{\partial x} = \frac{w_{\text{законт.}} - w_{\text{внутрнк.}}}{2\lambda} = 0$.

Из этих условий получим:

а) $w_{\text{контн.}} = 0$; б) $w_{\text{законтн.}} = w_{\text{внутрнк.}}$ (10)

Для шарнирноопёртого края имеют вид:

а) прогиб на опоре равен нулю $w_{\text{контн.}} = 0$;

б) изгибающий момент равен нулю $-\frac{\partial^2 w}{\partial^2 x} = \frac{w_{\text{законтн.}} + w_{\text{внутрнк.}}}{\lambda^2} = 0$.

Из этих условий получим:

а) $w_{\text{контн.}} = 0$; б) $w_{\text{законтн.}} = -w_{\text{внутрнк.}}$ (11)

Соответственно для плиты, представленной на рис. 2, будем иметь:

$w_{01} = w_1, w_{02} = w_2, w_{03} = w_3$ и $w_{001} = -w_1, w_{08} = -w_3, w_{015} = -w_{15}$ и т. д.

В результате получаем систему линейных алгебраических уравнений, решая которую найдем значения вертикальных перемещений (прогибов) w в узловых точках. После этого изгибающие моменты определяются по выражениям (9).

На основе изложенной методики составлена MathCAD-программа, которая позволяет выполнить расчёт плит с различными условиями опирания.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Масленников, А.М. Расчет строительных конструкций численными методами: учебное пособие. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1987. – 224 с.
2. Караманский, Т.Д. Численные методы строительной механики; пер с болг. / Под ред. Г.К. Клейна. – М.: Стройиздат, 1981. – 436 с.
3. Макаров, Е.Г. Инженерные расчеты в MathCad: учебный курс. – СПб.: Питер, 2005. – 448 с.

УДК 624.04:519.3

Веренич А.А.

Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.

РАСЧЁТ ИЗГИБАЕМЫХ ПЛИТ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ОПОРАМИ

Расчет изгибаемых плит с использованием уравнения Софи Жермен-Лагранжа и применением конечно-разностной формы рассмотрен в работах [1, 2]. Уравнение Софи Жермен-Лагранжа в конечно-разностной форме для i -й точки имеет вид [2]:

$20w_i - 8(w_a + w_b + w_c + w_d) + 2(w_e + w_f + w_g + w_h) + (w_k + w_l + w_m + w_n) = \frac{q\lambda^4}{D}$, (1)

где $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$; h – толщина плиты; E – модуль упругости; ν – коэффициент Пуассона;

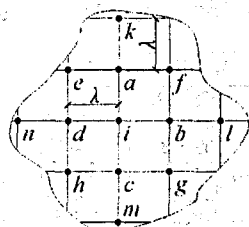


Рисунок 1

$q(x, y)$ – функция заданной нагрузки; $w(x, y)$ – функция прогибов точек плиты; $a, b, c, d, e, f, g, h, k, l, m, n$ – узлы сетки, λ – шаг сетки (рисунок 1).

Изгибающие моменты в сечениях плиты M_x и M_y определяются выражениями:

$M_{x,i} = \frac{D}{\lambda^2} [(2 + 2\nu)w_i - \nu(w_a + w_c) - (w_b + w_d)]$, (2)

$M_{y,i} = \frac{D}{\lambda^2} [(2 + 2\nu)w_i - \nu(w_b + w_d) - (w_a + w_c)]$. (3)

Рассмотрим, например, прямоугольную плиту, которую разобьём сеткой на 14×12 частей с одинаковым шагом в обоих направлениях (рисунок 2). Рассматриваемые здесь и далее плиты симметричны относительно обеих осей x и y , поэтому расчёт будем вести для четверти плиты.

Для каждой точки сетки, в которой имеется неизвестное перемещение w , записывается уравнение вида (1). При этом приходится использовать контурные узлы и один ряд внеконтурных узлов (рисунок 2), для которых перемещения определяются с использованием граничных условий через их значения во внутренних узлах, и которые в конечных разностях имеют вид [2]:

$$\begin{aligned} & \text{– для защемлённого края:} \quad \text{а) } w_{\text{конт.}} = 0; \quad \text{б) } w_{\text{жест.}} = w_{\text{вирт.}}; \quad (4) \\ & \text{– для шарнирноопёртого края:} \quad \text{а) } w_{\text{конт.}} = 0; \quad \text{б) } w_{\text{жест.}} = -w_{\text{вирт.}} \quad (5) \end{aligned}$$

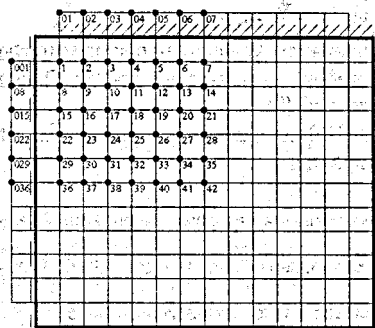


Рисунок 2

Рассмотрим железобетонную плиту перекрытия размером $l=7$ м, $b=6$ м, $b=0,22$ м, жестко защемленную с двух противоположных сторон и шарнирно опёртую с двух других сторон, опирающуюся в центральной точке (в узле 42) на колонну и нагруженную по всей плоскости равномерно распределённой нагрузкой $q=1$ кН/м² (рисунок 2). Приведенные характеристики материала плиты примем равными: $E=1 \cdot 10^9$ кПа, $\nu=0,2$.

Плиту разобьём квадратной сеткой с шагом $\lambda=0,5$ м – нумерация узлов представлена на рисунке 2. Плита симметрична относительно

двух осей, поэтому расчёт можно выполнить для четверти плиты. Для каждого узла сетки составляем разностные уравнения вида (1) с учётом граничных условий (4), (5), согласно которым будем иметь:

$$w_{01} = w_1, w_{02} = w_2, w_{03} = w_3 \text{ и } w_{001} = -w_1, w_{008} = -w_8, w_{015} = -w_{15} \text{ и т. д.}$$

Решая систему уравнений, составленную в конечно-разностной форме, в среде компьютерной математики MathCAD [4], получим величины перемещений, представленные в таблице 1. На основании величин прогибов на рисунке 3 изображён деформированный вид плиты. По полученным результатам для прогибов по выражениям (2, 3) вычисляем изгибающие моменты в узловых сечениях (таблица 1) и строим эпюры изгибающих моментов M_x и M_y (рисунки 4 и 5).

Таблица 1 – Перемещения и изгибающие моменты в плите с одной промежуточной опорой

Узел	w_i , м	M_{Mx} , Н·м	M_{My} , Н·м	Узел	w_i , м	M_{Mx} , Н·м	M_{My} , Н·м
1	3.201e-7	-42.611	-58.695	22	1.274e-6	-228.089	-11.391
2	7.272e-7	11.141	-117.246	23	3.184e-6	181.024	136.016
3	1.037e-6	17.087	-179.908	24	4.66e-6	369.378	234.322
4	1.197e-6	2.861	-215.764	25	5.228e-6	381.826	284.362
5	1.227e-6	-20.491	-218.91	26	4.88e-6	236.173	305.9
6	1.192e-6	-44.416	-203.352	27	4.04e-6	-41.509	336.477
7	1.168e-6	-56.074	-193.079	28	3.506e-6	-300.223	394.657

Продолжение таблицы 1

8	7.816e-7	-48.895	41.535	29	1.366e-6	-256.151	-27.562
9	1.791e-6	93.021	91.95	30	3.438e-6	206.981	107.683
10	2.59e-6	162.105	125.639	31	4.987e-6	436.364	179.084
11	3.003e-6	157.586	155.118	32	5.409e-6	465.481	169.725
12	3.06e-6	103.201	189	33	4.614e-6	287.398	79.667
13	2.932e-6	29.882	225.549	34	3.054e-6	-153.538	-45.337
14	2.848e-6	-10.931	245.981	35	1.902e-6	-830.256	-60.437
15	1.085e-6	-168.192	7.165	36	1.391e-6	-263.437	-34.601
16	2.648e-6	145.919	143.358	37	3.505e-6	218.292	91.586
17	3.881e-6	278.851	237.272	38	5.056e-6	466.264	141.96
18	4.462e-6	281.869	301.902	39	5.373e-6	514.404	77.719
19	4.418e-6	184.982	355.089	40	4.285e-6	352.944	-163.091
20	4.054e-6	-32.599	409.642	41	2.11e-6	-163.703	-703.134
21	3.829e-6	-70.239	448.73	42	0	-1.841e3	-1.718e3

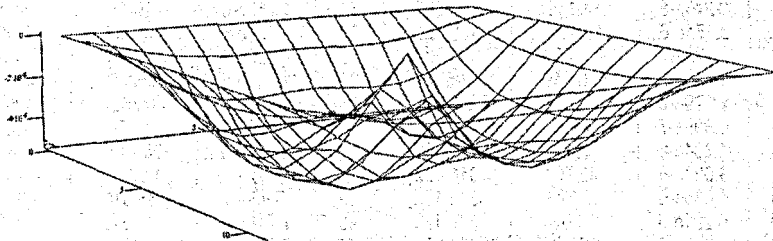


Рисунок 3 – Деформированный вид плиты

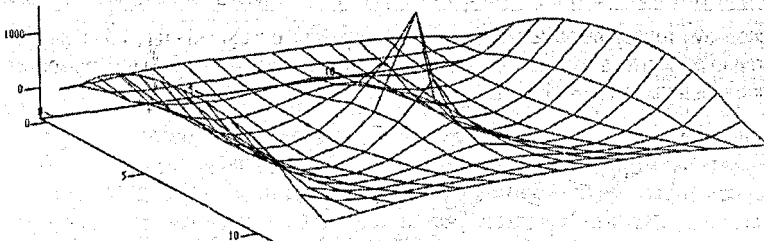


Рисунок 4 – Эпюра изгибающего момента M_x

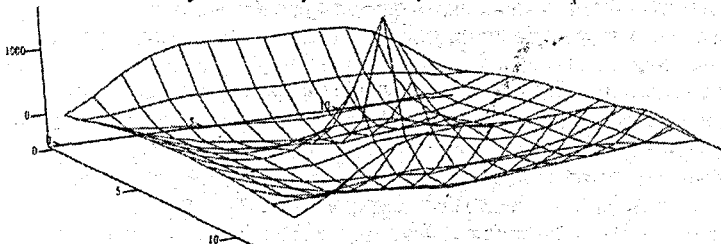


Рисунок 5 – Эпюра изгибающего момента M_y

Рассмотрим еще плиту с двумя промежуточными опорами, расположенными на оси x на расстояниях 1,5 м от левого и правого краев (рисунок 2). В такой плите левая точка опирания в расчетной четверти совпадает с узлом 38. Поэтому в системе уравнений для

узла 38 вместо уравнения (1) записываем граничное условие $w_{38} = 0$. Решая систему уравнений (1), получим величины прогибов узлов, которые приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Перемещения и изгибающие моменты в плите с двумя промежуточными опорами

Узел	$w_i, \text{ м}$	$M_{x1}, \text{ Н}\cdot\text{ м}$	$M_{x2}, \text{ Н}\cdot\text{ м}$	Узел	$w_i, \text{ м}$	$M_{x1}, \text{ Н}\cdot\text{ м}$	$M_{x2}, \text{ Н}\cdot\text{ м}$
1	2.685e-7	-29.197	-27.937	22	5.256e-7	-119.237	44.127
2	6.035e-7	-9.854	-65.519	23	1.412e-6	-146.315	175.494
3	9.294e-7	-26.698	-142.628	24	2.809e-6	-251.714	316.93
4	1.25e-6	-37.494	-246.537	25	5.095e-6	32.048	346.302
5	1.538e-6	-39.738	-350.325	26	7.485e-6	311.266	388.678
6	1.739e-6	-39.257	-425.597	27	9.217e-6	479.47	432.312
7	1.812e-6	-38.929	-452.923	28	9.842e-6	533.617	450.166
8	5.993e-7	-31.735	74.915	29	1.698e-7	-71.094	-47.993
9	1.386e-6	5.255	155.229	30	5.128e-7	-267.521	-93.09
10	2.246e-6	14.165	192.596	31	1.557e-6	-715.154	-34.901
11	3.174e-6	57.114	175.385	32	4.597e-6	-57.947	51.831
12	4.04e-6	116.007	136.901	33	7.829e-6	379.352	227.094
13	4.656e-6	160.749	105.25	34	1.012e-5	596.147	361.677
14	4.879e-6	176.807	93.561	35	1.094e-5	660.692	409.55
15	6.899e-7	-112.213	68.037	36	-9.09e-8	-4.138	-185.86
16	1.734e-6	-42.29	229.508	37	-2.749e-7	-286.133	-616.349
17	3.027e-6	-42.703	346.092	38	0	-1.578e3	-1.421e3
18	4.635e-6	82.226	372.132	39	3.92e-6	-65.618	-493.584
19	6.221e-6	231.024	372.173	40	7.746e-6	443.819	30.31
20	7.366e-6	333.624	371.951	41	1.034e-5	655.768	287.059
21	7.781e-6	368.835	372.491	42	1.125e-5	716.966	364.569

Используя теперь выражения (2) и (3) и полученные значения прогибов, вычислим изгибающие моменты в узловых сечениях и построим эпюры изгибающих моментов в обоих направлениях (рисунки 6 и 7).

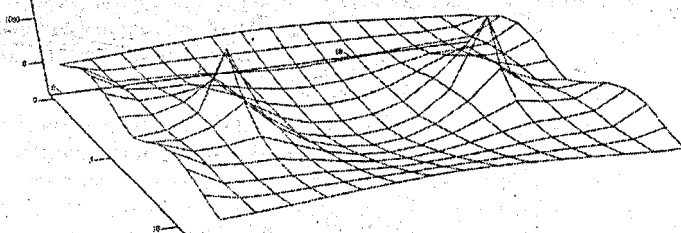


Рисунок 6 – Эпюра изгибающего момента M_x

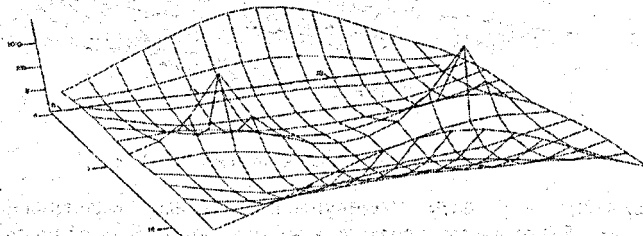


Рисунок 7 – Эпюра изгибающего момента M_y

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Караманский, Т.Д. Численные методы строительной механик; пер с болг. / Под ред. Г.К. Клейна. – М.: Стройиздат, 1981. – 436 с.
2. Веренич, А.А. О методике расчета изгибаемых плит методом конечных разностей / А.А. Веренич // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов / БрГУ. – Брест, 2012.
3. Макаров, Е.Г. Инженерные расчеты в MathCad: учебный курс. – СПб.: Питер, 2005. – 448 с.

УДК 378.14(07)

Винник А.Н., Гетман У.А.

Научный руководитель: зав. кафедрой НГУИГ Винник Н.С.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ НАГЛЯДНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Перспективные и аксонометрические изображения относятся к наглядным и разрабатываются как на начальной стадии проектирования, когда объект формируется согласно заданию, так и на завершающей, как результат разработки. Получается, что построение перспективных изображений – важный этап в обучении и развитии пространственного мышления по принципу: мысленно представил – воплотил на чертеже, а затем и в материале.

В курсе начертательной геометрии для студентов строительных специальностей рассматриваются перспективные и аксонометрические проекции. Студенты специальности «Архитектура» изучают построение аксонометрических проекций при подготовке к вступительным испытаниям, поэтому на лекциях в курсе начертательной геометрии для них рассматривается несколько способов построения перспективы. Более подробно изучаются два: способ «архитекторов», который рекомендуется использовать для построения зданий и сооружений, и способ прямоугольных координат (способ координатной сетки) – для изображения заполненных предметами пространств и объектов неправильной геометрической формы. Оба способа основаны на свойствах центрального проецирования. В архитектурном способе точки и линии строятся с помощью пучков горизонтальных прямых, имеющих точки схода на линии горизонта. Вертикальные размеры определяются с помощью масштаба высот – вертикальной прямой, расположенной в картинной плоскости. Если учесть, что для построения каждой точки необходимо провести две линии, использование этого способа для построения перспективы объекта, сопровождается большим количеством построений, что существенно загромождает чертёж. При этом постоянно приходится помнить о масштабности и пропорциональности составных элементов.

У студентов специальности «Архитектура» по дисциплине «Проектирование небольших архитектурных сооружений» необходимо выполнить проект автобусной остановки, изобразив на бумаге план, продольный разрез, фасады: главный и боковые и перспективное изображение. А также выполнить макет задуманной остановки (рис. 1).

При подготовке к вступительным испытаниям абитуриенты строят различные виды аксонометрических проекций. В построении аксонометрического изображения и изображения объекта в перспективе способом прямоугольных координат есть много общего, что позволяет легко освоить этот способ. Построение точек и линий по координатам X , Y , Z изучают в школе, так что приёмы построения знакомы учащимся. Хорошо освоив основные закономерности и свойства аксонометрических проекций, можно без особых затруднений перейти к выполнению перспективных изображений. Последовательность выполнения чертежа так же не изменяется.

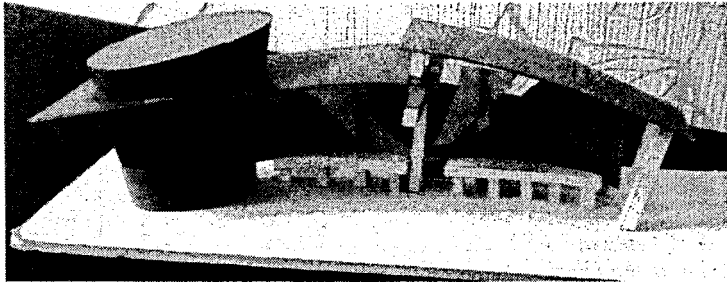


Рисунок 1

Рассмотрим сущность способа на примере автобусной остановки.

Способ прямоугольных координат основан на построении в перспективе координатных осей, которые и определяют положение предмета в заданном пространстве. Изображение объекта строят по координатам, так же как в аксонометрии. Для построения перспективы заданного пространства на план и фасад наносят оси прямоугольной системы координат таким образом, чтобы картинная плоскость (плоскость проекций) совпадала с координатной плоскостью XOZ , а предметная, горизонтальная плоскость — с координатной плоскостью XOY (рис. 2). Ось Z называют масштабом высот, ось Y — масштабом глубин. По осям X и Z откладывают натуральные единицы измерения. Ось Y уходит в глубину картины к линии горизонта, единицы измерения по мере удаления от зрителя уменьшаются. Искажение единичного отрезка зависит от дистанционного расстояния и определяется простым графическим построением. Координатный способ удобен для построения перспективы интерьеров помещений, имеющих небольшой объем и многочисленные предметы обстановки. Для удобства определения координат на плоскости XY наносят координатную сетку. Сторона квадратной ячейки принимается равной 1 м. Это даёт возможность представить весь заданный объем помещения разбитым на модульные кубики, в которых строят все предметы обстановки (рис. 3). Координатная сетка поможет точно и быстро изобразить в перспективе паркет, окружности и другие кривые линии, составляющие дизайн интерьера либо проектируемого помещения.

При построении перспективы ландшафта так же используется способ прямоугольных координат. Нанесённая на план озеленения участка координатная сетка даёт возможность построить изображение рельефа местности с помощью высотных отметок узлов сетки и точно расположить элементы озеленения, различные сооружения в перспективе,

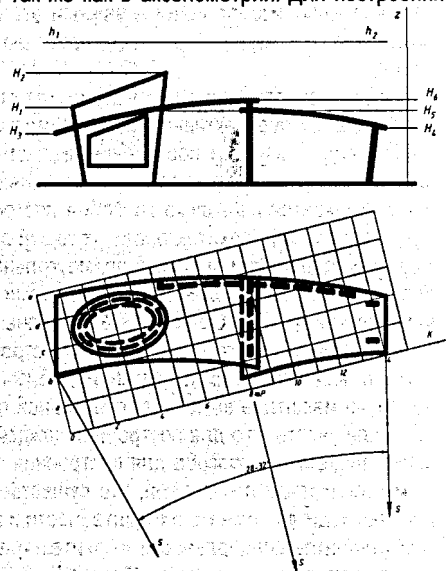


Рисунок 2

не искажая масштабности объектов. Для этих целей разрабатываются специальные форматы с готовыми осями координат в перспективе и координатной сеткой.

Рассматриваемый способ «координатной сетки» удобен ещё и тем, что можно убирать и добавлять предметы; менять их местами, т. е. вносить все необходимые изменения непосредственно на перспективном изображении.

Все перечисленные достоинства способа прямоугольных координат позволяют использовать его для выполнения графических работ не только в курсе «Начертательная геометрия», но и для построения наглядных проекций объектов по другим дисциплинам. В промежуточных проектных решениях можно использовать форматы с нанесённой координатной сеткой, что позволит существенно сократить время построения перспективных изображений.

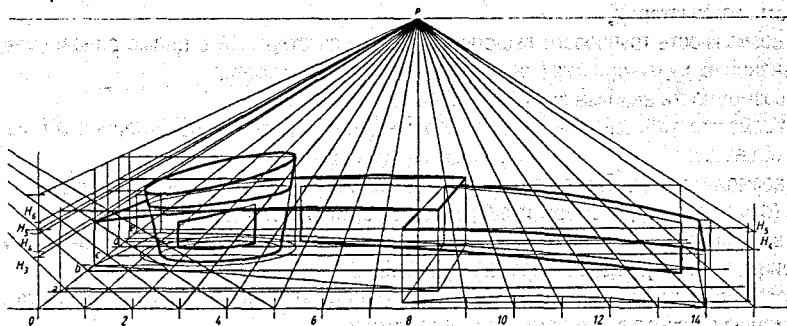


Рисунок 3

Выполнение чертежей с использованием осей координат позволяет лучше усвоить основы начертательной геометрии, проследить, как изменяется изображение прямоугольной системы координат в зависимости от способа проецирования. Развивается пространственное воображение, что позволяет нам самостоятельно выбирать аппарат проецирования в зависимости от формы объекта, получать оптимальное решение поставленной задачи с минимальными затратами рабочего времени.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Короев, Ю.И. Начертательная геометрия: учебн. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Архитектура, 2007. – 424 с.
2. Климухин, А.Г. Начертательная геометрия: учебн. пособие. – М.: Архитектура-С, 2007. – 336 с.

УДК 681.3:519.3

Калита Р.О.

Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА РАСЧЕТА ПЛОСКИХ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

На основе методики и алгоритма расчета, полученных и изложенных в работах [1, 2, 3], составлена компьютерная программа расчета плоских стержневых систем на статические нагрузки – программа «Sirius+». Программа разработана в среде программирования Delphi 7 с применением объектно-ориентированной модели программирования; испол-

няемый файл программы Sirius+.exe имеет размер 1.1 Мб. Программа работает под управлением операционных систем Windows XP и выше и не требует специальной установки на компьютер и дополнительных библиотек. Стандартный для Windows графический интерфейс и достаточно развитый сервис делают работу в программе простой, понятной и удобной.

- Важными достоинствами программы являются:
 - возможность учета упругой податливости присоединения стержней к узлам;
 - возможность приложения к системам не только сосредоточенных сил и равномерно распределенных нагрузок, но и нагрузок, распределенных по треугольному и трапецидальному законам;
 - практически неограниченное число узлов и стержней системы (определяются ресурсами компьютера);
 - возможность группового выделения узлов или стержней с целью одновременного изменения их характеристик (координат, нагрузок, жесткостей);
 - возможность анализа расчетных схем на изменяемость;
 - возможности масштабирования, перемещения и удобного представления графических объектов;
 - возможности удобного представления таблиц исходных данных и результатов расчета (формат чисел, размеры ячеек, шрифты, выравнивание);
 - возможность просмотра для каждого узла, стержня и для системы в целом любой матрицы, используемой в процессе решения.

Программа имеет «Помощь», содержащую краткие сведения о методе расчета и информацию о работе в программе и с программой.

Основное окно программы, открывающееся при ее запуске, содержит меню, в котором представлены все основные инструменты работы с программой, включая:

- меню “Файл” (Создать, Открыть, Сохранить, Сохранить как..., Выход);
- меню “Вид”, позволяющее менять вид расчетных схем (шрифт, увеличить-уменьшить, масштабирование, перемещение), вид таблиц (шрифт, высота-ширина ячеек, форматы представления чисел, расположение чисел в ячейках) и включающее также команды – “Что показывать” (то есть показывать или нет на расчетных схемах номера узлов, стержней, координаты узлов, опоры, нагрузки, базисы, типы жесткостей стержней – см. рисунок 3), “Масштабы”;
- меню “Ввод и корректировка данных”, позволяющее создавать узлы и стержни, редактировать и удалять их, а также задавать загрузки и типы жесткостей;
- меню “Расчет”, производит расчет заданной схемы;
- меню “Результат”, содержащее команды – “Эпюры”, “Таблица перемещений”, “Таблица усилий”.

Многие из указанных команд открывают свои окна со своими наборами функций и команд. Для удобства пользователя большинство команд вынесено на панель инструментов.

Ввод исходных данных производится в основном окне программы с помощью “Конструктора системы” (рисунок 1).

Узлы в программе задаются в окне, представленном на рисунке 2.

Стержни задаются с помощью мыши путем засечек (щелчков мыши) в начальном и конечном узлах. Характеристики узлов и стержней могут изменяться при выделении соответствующего узла либо стержня, либо группы их с помощью редактора, который открывает окна, представленные на рисунках 3, 4.

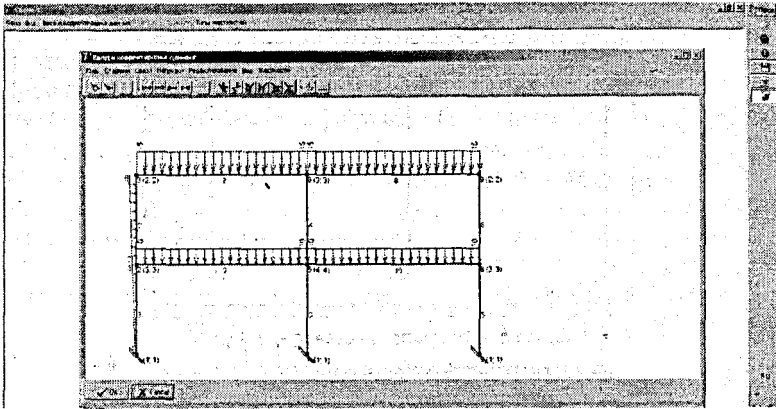


Рисунок 1 – Основное окно программы "Sirius+" и окно "Ввод и корректировка данных"

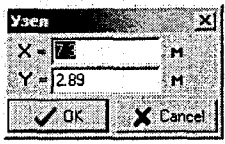


Рисунок 2 – Окно создания узлов

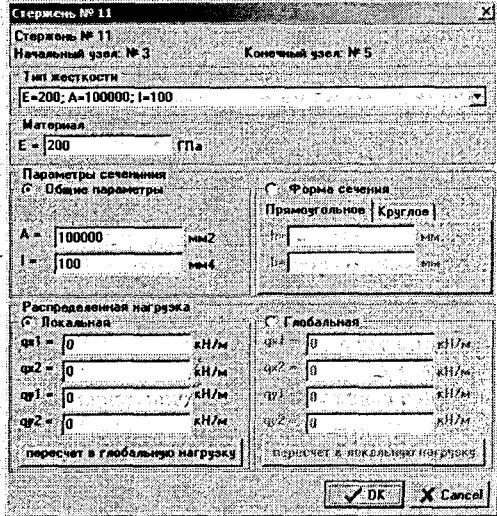
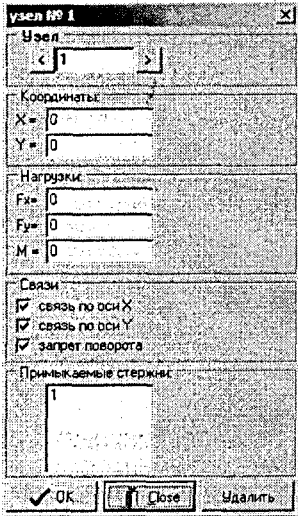


Рисунок 3 – Редактор характеристик узла Рисунок 4 – Редактор характеристик стержня

После запуска программы на расчет она проверяет систему на изменяемость и выполняет расчет сооружения. Результаты расчета можно увидеть как в графическом представлении – в виде эпюр усилий (рис. 5), схемы деформаций системы (рис. 6).

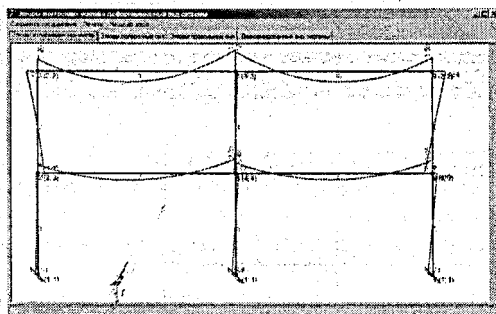


Рисунок 5 – Результаты расчета. Эпюра M

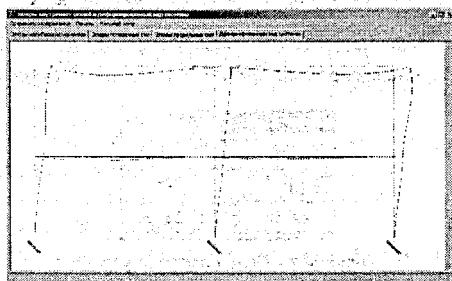


Рисунок 6 – Результаты расчета. Схема деформаций системы

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Игнатюк, В.И. Метод конечных элементов в расчетах стержневых систем: учебное пособие. – Брест: БрГТУ, 2004. – 172 с.
2. Калита, Р.О. Алгоритм расчета плоских стержневых систем методом конечных элементов // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов / БрГТУ. – Брест, 2012.
3. Калита, Р.О. Учет упругой податливости в узловых соединениях при расчете рам методом конечных элементов // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов / БрГТУ. – Брест, 2012.
4. Фаронов, В.В. Delphi программирование на языке высокого уровня: учебник для вузов. – Санкт-Петербург: Питер, 2010. – 640 с.
5. Перельмутер, А.В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 600 с.

УДК 681.3:519.3

Калита Р.О.

Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.

УЧЕТ УПРУГОЙ ПОДАТЛИВОСТИ В УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЯХ ПРИ РАСЧЕТЕ РАМ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Соединение элементов в узлах и опорах на расчётных схемах обычно принимается жёстким либо шарнирным. Однако в реальных сооружениях соединение (опирание) конструктивных элементов не всегда отвечает этим двум вариантам, часто в узлах и опорах присутствуют упруго-податливые перемещения между соединёнными элементами. В таких случаях представляет большой интерес анализ и оценка влияния такого соединения элементов на распределение и величины усилий в сооружениях [1, 2].

Для учёта в расчётах сооружений упругой податливости в узловых соединениях получены матрицы жёсткости КЭ для плоских стержневых систем, учитывающие упруго-податливое присоединение КЭ к узлам по всем направлениям сопряжения, т.е. во всех угловых и линейных связях, с помощью которых КЭ присоединяются к узлам – горизонтальных (c_1, c_4), вертикальных (c_2, c_5) и угловых (c_3, c_6) (рисунок 1), где c_i – упругая податливость связи, равная величине ее смещения (линейного либо углового) при приложении к ней единичного усилия (упругая податливость связи обратна жесткости связи).

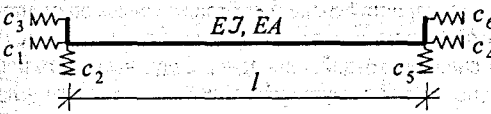


Рисунок 1

Матрица жёсткости конечного элемента типа 1 (рисунок 1), упруго-податливо присоединенного по концам к узлам, в местной системе координат имеет вид

$$[K_1] = \begin{bmatrix} \frac{EA}{l} k_N & 0 & 0 & -\frac{EA}{l} k_N & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EJ}{l^3} k_1 & -\frac{6EJ}{l^2} k_2 & 0 & -\frac{12EJ}{l^3} k_1 & -\frac{6EJ}{l^2} k_2 \\ 0 & -\frac{6EJ}{l^2} k_2 & \frac{3EJ}{l} (k_2 + k_3) & 0 & \frac{6EJ}{l^2} k_2 & \frac{3EJ}{l} (k_2 - k_3) \\ -\frac{EA}{l} k_N & 0 & 0 & \frac{EA}{l} k_N & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EJ}{l^3} k_1 & \frac{6EJ}{l^2} k_2 & 0 & \frac{12EJ}{l^3} k_1 & \frac{6EJ}{l^2} k_2 \\ 0 & -\frac{6EJ}{l^2} k_2 & \frac{3EJ}{l} (k_2 - k_3) & 0 & \frac{6EJ}{l^2} k_2 & \frac{3EJ}{l} (k_4 + k_5) \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где обозначено

$$k_N = \frac{1}{1 + (c_1 + c_4) \frac{EA}{l}}; \quad k_1 = \frac{1}{\frac{1}{t_2 t_4} - 3t_3^2}; \quad k_2 = \frac{t_3 + t_4}{t_2 t_4 - 3t_3^2}; \quad k_3 = \frac{1}{3t_4} + \frac{t_3}{t_4} k_2; \quad k_4 = \frac{t_4 - t_3}{t_2 t_4 - 3t_3^2}; \quad k_5 = \frac{1}{3t_4} + \frac{t_3}{t_4} k_4,$$

$$t_2 = 1 + (c_2 + c_5) \frac{12EJ}{l^3} + (c_3 + c_6) \frac{3EJ}{l}; \quad t_3 = (c_6 - c_3) \frac{EJ}{l}; \quad t_4 = 1 + (c_5 + c_6) \frac{EJ}{l}.$$

Матрица жёсткости конечного элемента типа 2 с упруго-податливым присоединением его концов к узлам (рис. 2) имеет вид

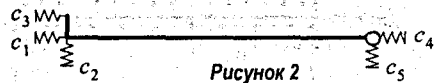


Рисунок 2

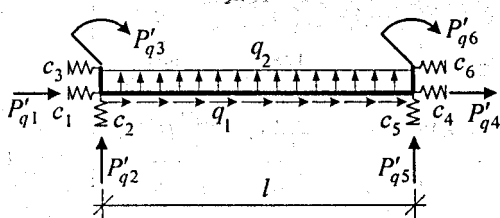
$$[K_2] = \begin{bmatrix} \frac{EA}{l} f_1 & 0 & 0 & -\frac{EA}{l} f_1 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{3EJ}{l^2} f_2 & -\frac{3EJ}{l^2} f_2 & 0 & -\frac{3EJ}{l^2} f_2 & 0 \\ 0 & -\frac{3EJ}{l^2} f_2 & \frac{3EJ}{l} f_2 & 0 & \frac{3EJ}{l^2} f_2 & 0 \\ -\frac{EA}{l} f_1 & 0 & 0 & \frac{EA}{l} f_1 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{3EJ}{l^2} f_2 & \frac{3EJ}{l^2} f_2 & 0 & \frac{3EJ}{l^2} f_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где $f_1 = k_N = \frac{1}{1 + (c_1 + c_4) \frac{EA}{l}}$; $f_2 = \frac{1}{1 + \frac{3EJ}{l^3} (c_2 + c_5) + \frac{3EJ}{l} c_3}$.

Аналогично получается матрица жёсткости КЭ типа 3.

Как уже указывалось, при действии на КЭ распределённых нагрузок их необходимо преобразовывать к узловым. Это преобразование для конечных элементов, упруго-податливо присоединяемых к узлам, так же не будет совпадать со случаями жёсткого соединения КЭ в узлах и может быть получено на основе расчётов конечных элементов методом сил по аналогии с тем, как это сделано и при получении матриц жёсткости, только с учётом того, что в качестве внешних воздействий здесь будут выступать распределённые нагрузки. Ниже приведены схемы загружений таких КЭ и величины узловых нагрузок для них:

1) загрузка КЭ типа 1 равномерно распределёнными нагрузками



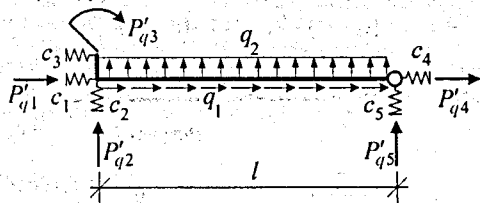
$$\{P'_q\} = \begin{Bmatrix} \frac{q_1 l}{2} f_{q1} \\ \frac{q_1 l}{2} (1 - f_{q2}) \\ -\frac{q_2 l^2}{12} (1.5 - 3f_{q2} - f_{q3}) \\ \frac{q_1 l}{2} f_{q1} \\ \frac{q_2 l}{2} (1 + f_{q2}) \\ \frac{q_2 l^2}{12} (1.5 + 3f_{q2} - f_{q3}) \end{Bmatrix}, \quad (3)$$

Здесь

$$f_{q2} = \frac{3t_2 t_4 - t_3 t_1}{6t_3^2 - 2t_1 t_4}; \quad f_{q3} = 3f_{q2} \frac{t_1}{t_4} + \frac{t_3}{2t_4},$$

где $t_2 = \frac{EJ}{l} (c_6 - c_3) + \frac{8EJ}{l^3} (c_5 - c_2)$; $t_3 = 1 + \frac{3EJ}{l} (c_3 + c_6)$; t_1, t_3, t_4 — см. выше;

2) загрузка КЭ типа 2 равномерно распределёнными нагрузками



$$\{P'_q\} = \begin{Bmatrix} \frac{q_1 l}{2} f_{q1} \\ q_2 l \left(1 - \frac{3}{8} f_{q2}\right) \\ -\frac{q_2 l^2}{8} (4 - 3f_{q2}) \\ \frac{q_1 l}{2} f_{q1} \\ \frac{3q_2 l}{8} f_{q2} \\ 0 \end{Bmatrix}, \quad (4)$$

где $f_{q1} = \left(1 + c_1 \frac{2EA}{l}\right) f_1$; $f_{q2} = \left(1 + \frac{8EJ}{l^3} c_2 + \frac{4EJ}{l} c_3\right) f_2$;

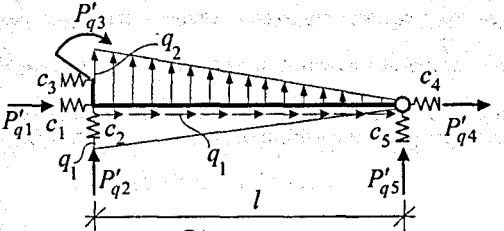
f_1 и f_2 — см. (5);

3) для КЭ типа 3 с упруго-податливым присоединением концов стержня к узлам матрицу $\{P'_q\}$ легко получить из матрицы $\{P'_q\}$ для КЭ типа 2, поэтому здесь приводить её не будем;

4) при загрузении КЭ типа 4 с упруго-податливым присоединением его концов к узлам равномерно распределёнными нагрузками q_1 и q_2 , представленными выше, силы P'_{q1} и

P'_{q4} будут такими же, как во всех вышеприведённых матрицах $\{P'_q\}$, а силы $P'_{q2} = P'_{q5} = \frac{q_2 l}{2}$ — как в обычном КЭ типа 4;

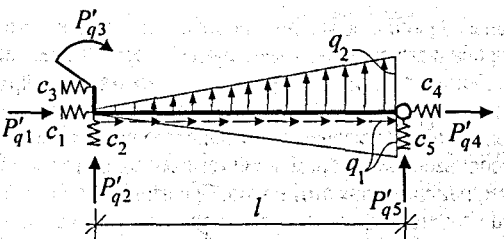
5) загрузка КЭ типа 2 треугольной убывающей нагрузкой



$$\{P'_q\} = \begin{Bmatrix} \frac{q_1 l}{6}(3-s_{q1}) \\ \frac{q_2 l}{10}(5-f_2 s_{q2}) \\ \frac{q_2 l^2}{30}(5-3f_2 s_{q2}) \\ \frac{q_1 l}{6} s_{q1} \\ \frac{q_2 l}{10} f_2 s_{q2} \\ 0 \end{Bmatrix}, \quad (5)$$

где $s_{q1} = \frac{1+3\frac{EA}{l}c_1}{1+(c_1+c_4)\frac{EA}{l}}$; $s_{q2} = 1+c_2\frac{15EJ}{l^3}+c_3\frac{5EJ}{l}$;

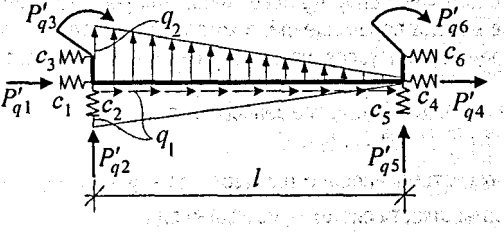
6) загрузка КЭ типа 2 треугольной возрастающей нагрузкой



$$\{P'_q\} = \begin{Bmatrix} \frac{q_1 l}{6} s_{q1} \\ \frac{q_2 l}{40}(20-11f_2 s_{q3}) \\ \frac{q_2 l^2}{120}(40-33f_2 s_{q3}) \\ \frac{q_1 l}{6}(3-s_{q1}) \\ \frac{11q_2 l}{40} f_2 s_{q3} \\ 0 \end{Bmatrix}, \quad (6)$$

где $s_{q3} = 1+\frac{60EJ}{11l^3}c_2+\frac{40EJ}{11l}c_3$; s_{q1} — см. (5); f_2 — см. (2);

7) загрузка КЭ типа 1 треугольной убывающей нагрузкой



$$\{P'_q\} = \begin{Bmatrix} \frac{q_1 l}{6}(3-s_{q1}) \\ \frac{q_2 l}{20}(10-u_{q1}) \\ \frac{q_2 l^2}{120}(20+u_{q2}-6u_{q1}) \\ \frac{q_1 l}{6} s_{q1} \\ \frac{q_2 l}{20} u_{q1} \\ \frac{q_2 l^2}{120} u_{q2} \end{Bmatrix}, \quad (7)$$

Здесь $u_{q1} = \frac{8s_{q2}u_3-5s_{q3}u_2}{4u_3-3u_2^2}$; $u_{q2} = \frac{3u_2u_{q1}-5s_{q3}}{u_3}$,

где $u_1 = \frac{1}{f_2}$; f_2 — см. (2); $u_2 = 1+\frac{2EJ}{l}c_3$; $u_3 = 1+(c_3+c_6)\frac{EJ}{l}$; $s_{q2} = 1+c_2\frac{15EJ}{l^3}$; $s_{q3} = 1+\frac{4EJ}{l}c_3$.

Используя представленные в этом разделе матрицы жёсткости конечных элементов, а также матрицы сосредоточенных узловых усилий от распределённых равномерно и по

треугольным законам нагрузок, можно выполнять расчёты рамно-стержневых систем методом конечных элементов по принципам, изложенным в [3], но уже с учётом упруго-податливого присоединения КЭ к узлам.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Игнатюк, В.И. Метод конечных элементов в расчетах стержневых систем: учебное пособие. – Брест: БрГТУ, 2004. – 172 с.
2. Перельмутер, А.В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 600 с.
3. Калита, Р.О. Алгоритм расчета плоских стержневых систем методом конечных элементов / Р.О. Калита // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов / БрГТУ. – Брест, 2012.

УДК 681.3:519.3

Калита Р.О.

Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПЛОСКИХ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В последние годы одним из основных и наиболее мощных инструментов численного исследования напряженно-деформированного состояния конструкций и сооружений при действии различных нагрузок и воздействий является метод конечных элементов (МКЭ). Это объясняется тем, что МКЭ позволяет решать задачи с очень большим числом неизвестных, возможностью высокой степени автоматизации всех процессов при использовании этого метода, особенно при использовании современной компьютерной техники и при наличии компьютерных программ, реализующих этот метод. При этом метод конечных элементов отличаются достаточная простота, физическая наглядность, высокая логичность и универсальность [1, 2].

Рассматриваются плоские стержневые системы – рамы, фермы балки, находящиеся под действием статических нагрузок. Такие системы могут быть представлены в виде совокупности прямолинейных стержней, соединенных между собой в жестких либо шарнирных узлах, которые опираются с помощью опор на основание. Для расчёта принят метод конечных элементов в форме метода перемещений, в которой в качестве основных неизвестных принимаются перемещения узлов соединения конечных элементов между собой.

Разрешающие уравнения метода конечных элементов записываются в виде [1]:

$$[E_1] \cdot \{-[K] \cdot \{\Delta\} + \{P\}\} = 0,$$

где $\{P\}$ – вектор действующих в узлах системы внешних нагрузок; $\{\Delta\}$ – вектор перемещений узлов системы; $[K]$ – матрица жесткости системы, имеющая вид:

$$[K] = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} & \dots & k_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{n1} & k_{n2} & k_{n3} & \dots & k_{nn} \end{bmatrix}.$$

Элемент матрицы жесткости k_{mj} представляет собой реакцию в m -ом направлении (величину реакции r_{mj}) от смещения узла в j -ом направлении на единичную величину.

Смещение же узла в некотором направлении вызовет деформации всех примыкающих к этому узлу стержней, и, следовательно, величина возникающей в этом узле реакции должна включать реакции от всех этих стержней. Поэтому коэффициент k_{mj} вычисляют, задавая смещением $\Delta_j = 1$ и суммируя реакции от всех элементов, примыкающих к узлу i_m , к которому относится m -е направление реакции (и перемещения)

$$k_{mj} = \sum_{sel_m} r_{mj}^s$$

Здесь i_m – номер узла, к которому относится m -ое направление реакции. Величины k_{mj} и r_{mj}^s определяются в общей системе координат.

$[E_i]$ – диагональная матрица вида:

$$[E_i] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Число элементов матрицы по диагонали равно числу элементов вектора $\{\Delta\}$; причем каждому диагональному элементу матрицы $[E_i]$ соответствует узел и направление его перемещения в том же порядке, как и в матрице $\{\Delta\}$. Диагональные элементы матрицы $[E_i]$ могут принимать два значения – 0 либо 1. Равными нулю принимаются элементы, которые соответствуют перемещениям узлов в направлениях, в которых эти перемещения явно отсутствуют (вследствие наличия опорных связей):

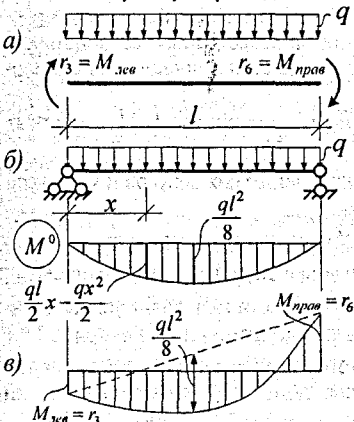


Рисунок 1

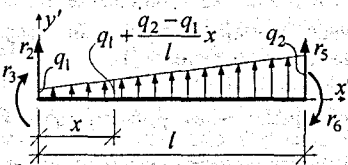


Рисунок 2

Найденные по концам КЭ усилия прикладываем к соответствующим стержням с учетом их знаков и определяем от их действия по обычным правилам строительной механики растянутые волокна (для изгиба) и знаки поперечных и продольных сил в крайних сечениях КЭ.

Зная величины усилий по концам конечных элементов и используя известные закономерности изменений внутренних сил, несложно построить эпюры этих усилий в каждом из конечных элементов и соответственно во всей системе в целом. При этом для стержней, на которые действует распределенная нагрузка (рис. 1а), при построении эпюры изгибающих моментов (рис. 1в) необходимо к линейной эпюре, полученной соединением прямой линией ординат по концам стержня, добавить балочную эпюру M^0 (рис. 1б).

Выражения для перемещений несложно получить на основе известных дифференциальных зависимостей. Например, для конечного элемента (стержня), на который действует нагрузка, распределенная по трапециoidalному закону (рисунок 2), для поперечных перемещений будем иметь

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M}{EJ} = \frac{1}{EJ} \left(r_3 + r_2 x + \frac{q_1}{2} x^2 + \frac{q_2 - q_1}{6l} x^3 \right),$$

проинтегрировав это выражение два раза и учитывая граничные условия

(при $x = 0 - y = \delta_2$, $\frac{dy}{dx} = -\delta_3$), получим

$$u_2 = y = \delta_2 - \delta_3 x + \frac{1}{EJ} \left(r_3 \frac{x^2}{2} + r_2 \frac{x^3}{6} + \frac{q_1 x^4}{24} + \frac{q_2 - q_1}{120l} x^5 \right); \quad u_3 = \varphi = \frac{dy}{dx}. \quad (1)$$

Отметим, что выражения (1) представляют собой перемещения сечений КЭ в местной системе координат. Для перевода их в общую систему координат необходимо выполнить соответствующие преобразования.

На основе изложенного в предыдущих разделах можно сформулировать следующий алгоритм расчета стержневых систем методом конечных элементов в форме метода перемещений:

1. Определение расчетной дискретной модели заданной стержневой системы (разделение ее на конечные элементы, назначение узлов) и описание ее структуры (нумерация узлов и стержней, определение их числа).
2. Выбор общей и местных систем координат и определение координат узлов в общей системе координат.
3. Составление матрицы перемещений узлов расчетной дискретной модели заданной системы $\{\Delta\}$.
4. Идентификация конечных элементов (определение их типов, длин l_i , жесткостей EJ_i и EJ_j и установление соответствия между номерами стержней и номерами начального и конечного узлов для этих стержней).
5. Преобразование внешних нагрузок (преобразование пролетных равномерно распределенных нагрузок на стержни к узловым нагрузкам, преобразование сосредоточенных узловых сил из местных систем в общую систему координат, определение суммарных узловых сил в каждом узле дискретной модели).
6. Построение матриц жесткости конечных стержневых элементов $[K'_i]$ в местных системах координат.
7. Определение для каждого конечного элемента направляющих синусов и косинусов ($\sin \alpha_i$ и $\cos \alpha_i$) и составление матриц преобразования T_{α_i} .
8. Получение матриц жесткости элементов $[K_i]$ в общей системе координат.
9. Формирование матрицы жесткости $[K]$ всей системы в общей системе координат.
10. Получение системы разрешающих уравнений путем учета граничных условий (наличия опорных связей); при этом может быть использована диагональная матрица $[E_1]$ либо простое вычеркивание строк и столбцов, соответствующих нулевым перемещениям.
11. Решение системы разрешающих уравнений и определение узловых перемещений $\{\Delta\}$ расчетной модели.
12. Определение узловых перемещений $\{\delta'_i\}$ и усилий $\{r'_i\}$ для конечных элементов.
13. Определение усилий и перемещений в конечных элементах, построение эпюр внутренних сил в системе, определение деформированного вида системы (1).

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Игнатюк, В.И. Метод конечных элементов в расчетах стержневых систем: учебное пособие. – Брест: БрГТУ, 2004. – 172 с.
2. Перельмутер, А.В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 600 с.

РАСЧЕТ КАЛЕНДАРНЫХ ПЛАНОВ С ВЕРОЯТНОСТНЫМИ ВРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ РАБОТ

Широкому применению календарного планирования в строительстве, капитальном ремонте, реконструкции препятствует ряд проблем. Одной из них является дискретное задание продолжительностей работ. Практика планирования основана на расчёте продолжительностей работ исходя из их трудоёмкости (машиноёмкости) и принятого количества рабочих (машин). В то же время на продолжительность работ влияют различные дестабилизирующие факторы, которые приводят к срыву планируемых сроков выполнения работ. Срыв сроков отдельных работ приводит к тому, что календарный план теряет свой смысл. Требуется его корректировка, изменение сроков выполнения работ, загрузки машин и механизмов, использования рабочей силы. Вместе с тем следует признать, что полное совпадение действительных продолжительностей и сроков выполнения работ с заложенными в календарном плане является скорее редчайшей случайностью, чем признаком «высококачественного» планирования.

В известном методе PERT используются три длительности работ: оптимистическая, пессимистическая и наиболее ожидаемая. Предполагается, что для целей календарного планирования они известны (заданы заранее). Но это в ряде случаев требует привлечения экспертов или сбора статистической информации, что не всегда выполнимо. Более доступным является метод, изложенный в [1]. Автор предлагает учитывать влияние на продолжительность работ многочисленных дестабилизирующих факторов посредством использования вероятностных оценок продолжительности выполнения работ. Для этих целей в зависимости от организационного уровня исполнителей (высокий, средний, низкий) установлены законы распределения продолжительности работ: нормальный для исполнителей высокого уровня, усечённый нормальный для исполнителей среднего уровня и равномерного распределения для исполнителей низкого организационного уровня.

Установлено, что для исполнителей высокого организационного уровня продолжительность работ находится в пределах от $0,5t$ до $1,5t$ с математическим ожиданием $1,0t$. Далее в работе рассчитываются равновероятностные значения t центров тяжести равных площадей $0,0833\Phi_0$: $0,5t$; $0,698t$; $0,789t$; $0,857t$; $0,917t$; $0,971t$; $1,029t$; $1,083t$; $1,143t$; $1,211t$; $1,302t$; $1,5t$.

При таком подходе конечный результат зависит лишь от организационного уровня исполнителей и исключается влияние случайных факторов на продолжительность работ которые могут иметь место в не зависимости от организационного уровня исполнителей.

В связи с чем предлагается:

- в качестве математического ожидания продолжительности работы принимать её значение, определённое традиционным способом;
- при помощи функции возвращения обратного нормального распределения, указав среднее и стандартное отклонение, находить значения на границах равных площадей. В качестве таковой в данной работе используется статистическая функция Microsoft Excel НОРМОБР в формате НОРМОБР(вероятность; среднее; стандартное_откл);

– используя генератор случайного числа, в каждом из диапазонов выбирается произвольное значение f . В работе использована функция Microsoft Excel СЛЧИС в формате $(T_{\max} - T_{\min}) * \text{СЛЧИС}() + T_{\min}$. В качестве T_{\max} и T_{\min} берем большее и меньшее значения продолжительностей на границах диапазонов.

При расчете сроков свершения каждого последующего события принималось максимальное из значений равновероятных сроков наступления предшествующих событий или входящей в данное событие работы, т.е.

$$T_n = \max(T_{n-1}, T_{n(n-1)}) \quad (1)$$

В данной работе используются два метода, построенные на вышеизложенных подходах:

Метод А

Реализуем предлагаемую методику на следующем примере (рис. 1).

Продолжительность выполнения комплекса работ при дискретном задании продолжительностей отдельных работ составляет 116 календарных единиц (к.е.).

Далее, разбив вероятность наступления продолжительности каждой из работ или срок наступления события на 4 диапазона в пределах от 0.1 до 0.9; определим суммарную продолжительность выполнения комплекса работ.

Свершение события 2 является следствием окончания работы 1-2. Расчет равновероятного наступления события 2 приведен в табл. 1

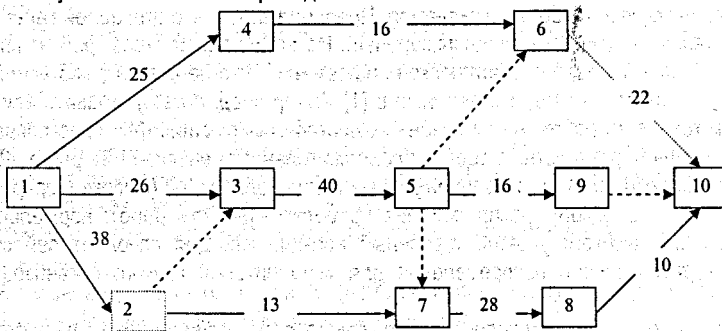


Рисунок 1

Таблица 1

$T = 38, \sigma = 15$

Вероятность	Значение T на границе	СЛЧИС в диапазоне
0.1	18.77	27
0.3	30.13	
0.3	30.13	32
0.5	38	
0.5	38	39
0.7	45.86	
0.7	45.86	55
0.9	57	

$T_2 = 38$

Наступление события 3 является следствием свершения события 2 и завершения работы 1-3. Из равновероятных сроков наступления события 2: 27;32;39;55 и завершения

работы 1-3: 20;25;26;34 составляем таблицу 16 равновероятных значений наступления события 3 (табл. 2).

Таблица 2

27	27	27	34
32	32	32	34
39	39	39	39
55	55	55	55

$T_3 = 39$

Наступление события 4 есть следствие завершения работы 1-4. Расчет равновероятного наступления события 4 аналогичен расчету для события 2. $T_4 = 24$.

Свершение события 5 является суммой равновероятных наступлений свершения 3 и завершения работы 3-5:

Равновероятные значения наступления события 3: 28;33;39;55.

Равновероятные значения завершения работы 3-5: 27;33;42;57.

Тогда равновероятные значения наступления события 5 сведем в таблицу 3.

Таблица 3

+27	55	60	66	82
+33	61	66	72	88
+42	70	75	81	97
+57	85	90	96	112

Расчеты по аналогичным схемам выполним и для всех последующих событий.

Тогда в результате получим общую продолжительность выполнения всего комплекса работ, равную 122 к.е., т.е. имеет место увеличение продолжительности на 5% (6 к.е.). Тем самым мы в некоторой степени учли влияние возмущающих факторов на продолжительность работ.

Метод В

Изначально имеем в виду, что заложен высокий организационный уровень исполнителей работ.

Используя генератор случайных чисел, сгенерируем трижды продолжительность работ (рис. 1). Наиболее ожидаемую продолжительность определим по формуле:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} \quad (2)$$

Все расчёты сведём в таблицу 4.

Таблица 4

Ход работы	0,5t - 1,5t	t ₁	t ₂	t ₃	t _{ож}
1 - 2	19-57	48	29	23	33
1 - 3	12,5-37,5	26	27	26	26
1 - 4	13-39	32	14	18	21
2 - 7	6-18	13	12	12	12
3 - 5	20-60	20	22	38	27
4 - 6	8-24	14	22	17	17
5 - 9	8-24	8	12	16	11
6 - 9	11-33	31	23	17	26
7 - 8	14-42	17	34	26	24
8 - 10	5-15	5	8	6	6

Если из множества сгенерированных продолжительностей t_1, t_2, t_3 выбрать t_{\max} , то общая продолжительность работ составит 128 календарных единиц, если выбрать t_{\min} , то продолжительность работ составит 68 календарных единиц. При продолжительностях работ, равных $t_{\text{ож}}$, продолжительность работ составит 90 календарных единиц.

Как видим, при таком подходе отклонение от общей продолжительности выполнения работ при задании последней в дискретном виде составит от -22% до +10%.

В то же время в обоих методиках суммарная продолжительность не выходит за пределы исходных $0,5t - 1,5t$.

С целью окончательной оценки предложенных методик произведём расчёт общей продолжительности выполнения комплекса работ по методике А для примера, изложенного в [1].

Получим общую продолжительность, равную 29 календарным единицам (в [1] она составляет 29,45), что практически одно и то же.

Однако в [1] отклонение срока реализации проекта составляет 18%, а в нашем примере 5%. Но такое расхождение можно объяснить произвольностью принятых данных и особенностями топологии сетевых моделей.

В целом методика А может быть уверенно рекомендована для расчёта календарных планов как в учебных целях, так и на практике, что позволит учитывать влияние на продолжительность работ многочисленных дестабилизирующих факторов посредством использования вероятностных оценок последних и тем самым повысить «авторитет» календарного планирования.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Калугин, Ю.Б. Расчёт календарных планов работ с вероятностными временными параметрами / Ю.Б. Калугин // Изв. вузов: Строительство – 2011. – №10. – С. 51–58.

УДК 528.48

Кузьмин А.В., Волкович В.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Зуева Л.Ф.

СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОПТИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОННОГО ТЕОДОЛИТОВ ОДНОГО КЛАССА ТОЧНОСТИ

Целью настоящей исследовательской работы являлся сравнительный анализ точности и производительности оптического теодолита 2Т5К (Россия) и электронного теодолита Атлас КТ-05 (Китай) на основе измерения горизонтальных углов способом круговых приемов.

На данный момент в арсенале геодезистов существует масса различных измерительных инструментов и приборов, одним из которых является теодолит. Переоценить его роль при замерах невозможно, можно даже смело утверждать, что без этого прибора произвести достаточно правильные измерения и расчеты просто невозможно.

Теодолит является одним из самых распространенных геодезических инструментов, применяемых для самых различных видов работ. Этот измерительный прибор предназначен для измерения и построения на местности горизонтальных и вертикальных углов в геодезии, строительстве, картографии, землеустройстве.

Несмотря на то, что сегодня широкое распространение получили усовершенствованные высокотехнологические разновидности теодолита – электронные теодолиты и та-

хеометры, традиционный оптический теодолит продолжает пользоваться колоссальным спросом.

Оптический теодолит – надежный прибор, проверенный временем. Главное преимущество оптического теодолита перед своими высокотехнологическими электронными собратьями – простота конструкции и независимость от элементов питания. Разумеется, цена оптического теодолита значительно ниже электронных аналогов, что также объясняет его популярность среди геодезистов, ведь зачастую от прибора требуется выполнение его изначальной функции – исключительно измерения направлений и вычислений углов.



Технические характеристики:

- увеличение зрительной трубы – 30 крат
- минимальное расстояние фокусирования – 0,9 м
- с.к.п. измерения горизонтального угла одним приемом – 5"
- минимальная цена деления шкалы микрометра – 1"
- диапазон работы компенсатора – $\pm 4'$
- диапазон рабочих температур – от -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$
- вес (с трегером) – 4,7 кг
- страна-производитель – РФ, УОМЗ
- цена $\approx 500\$$

Дополнительные аксессуары для теодолитов УОМЗ.

Теодолиты оснащены нитяным дальномером для измерения расстояний. При помощи буссоли можно на местности определить азимут, а горизонтальный луч предназначен для геометрического нивелирования. Для отдельных моделей теодолитов доступна установка специальных светодальномеров и специальных оптических насадок. Использование микрометрических насадок и съемных окуляров позволяет повысить точность и качество измерений.

Рисунок 1 – Внешний вид оптического теодолита 2Т5К и его характеристики

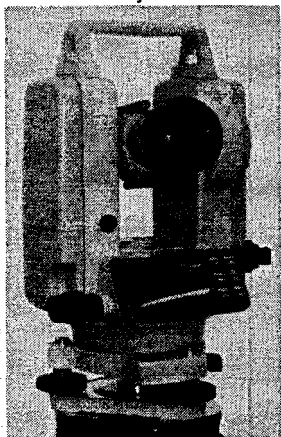
Благодаря отсутствию в своей конструкции электронных элементов, оптические теодолиты могут работать в таких условиях, где применение электронных теодолитов и тахеометров не представляется возможным. Эти приборы успешно эксплуатируются в условиях экстремально низких температур и даже сильного радиационного заражения местности, что немаловажно в свете последних событий. Именно оптические теодолиты пришли на помощь во время ликвидации последствий аварии на АЭС Фукусима в Японии, несмотря на то, что эта страна является признанным лидером в производстве электронных приборов.

Электронный теодолит – разновидность теодолита, оснащенного электронным устройством для вычисления и запоминания результатов измерений, выполненных непосредственно на местности. Электронный теодолит, работающий по принципу «углокод», позволяет во время наблюдений получать результаты измерений на цифровом дисплее. Данный геодезический прибор позволяет автоматизировать процесс угловых измерений.

Основное преимущество электронных приборов, в отличие от оптических, – это простота работы и наглядность. Данные геодезические приборы не требуют визуального снятия отсчетов. Чтобы получить значения углов, достаточно просто навестись на цель, и на дисплее отобразятся результаты. Таким образом, исключаются ошибки при снятии

отсчетов, и, следовательно, повышается эффективность производства и качество работ. Все эти приборы имеют цилиндрический уровень, который используется для приведения прибора в рабочее положение. Кроме того, большинство приборов снабжено датчиком угла наклона, который автоматически компенсирует наклон вертикальной оси.

Мини-компьютер, которым они оснащены, автоматически и более точно производит все необходимые расчеты, которые можно по необходимости задавать. Оператору не приходится снимать показания вручную, записывать в журнал и производить вычисления по формулам (что нередко приводит к появлению ошибок). К тому же данные автоматически могут быть занесены в карту памяти прибора.



Технические характеристики:

- увеличение зрительной трубы – 30 крат
- минимальное расстояние фокусирования – 1,4 м
- с.к.п. измерения горизонтального угла одним приемом – 5"
- диапазон работы компенсатора – $\pm 3'$
- двухсторонний дисплей
- время непрерывной работы – 8 часов
- диапазон рабочих температур – от -20°C до $+45^{\circ}\text{C}$
- вес – 5,2 кг
- страна-производитель – КНР
- цена $\approx 1200\$$

Прибор позволяет производить измерения даже в недостаточно освещенных местах или во время сумерек, так как многие модели этих приборов дополнительно укомплектованы подсветкой.

Рисунок 2 – Внешний вид электронного теодолита Атлас КТ-05 и его характеристики

Сравнение точности и производительности приборов одного класса точности 2Т5К (Россия) и АТЛАС КТ-05 (Китай) было построено на измерении горизонтальных углов способом круговых приемов в лабораторных условиях (для исключения влияния внешних условий).

Способ круговых приемов был предложен в 1816 г. В.Я. Струве и получил широкое применение. В СНГ его используют в государственных геодезических сетях 2-4-го классов и сетях более низкой точности, при создании разбивочных сетей, при наблюдении за деформациями зданий (для определения горизонтальных смещений), при дистанционном обмере высотных зданий со сложными архитектурными формами и т.п.

В способе круговых приемов при неподвижном лимбе алидаду вращают по ходу часовой стрелки и центр сетки нитей трубы последовательно наводят на первый (установив отсчет близкий к 0°), второй, третий и т.д., на последний и снова на первый (замыкание горизонта) наблюдаемые пункты, каждый раз отсчитывая по горизонтальному кругу, вращая прибор по ходу часовой стрелки. В этом состоит первый полуприем (КП). Затем трубу переводят через зенит (КП) и, вращая алидаду против часовой стрелки, наводят зрительную трубу на те же пункты, но в обратной последовательности: на первый, последний, предпоследний и т.д. – второй, первый.

Достоинства способа: простота программы измерений на станции; значительное ослабление систематических погрешностей делений лимба; высокая эффективность при хорошей видимости по всем направлениям.

В программу измерений при проведении исследований было взято четыре направления, измерение направлений производилось по одинаковой методике, для сравнения производительности приборов велся хронометраж времени.

Таблица 1 – Пример измерения горизонтальных направлений по методике круговых приемов электронным теодолитом Атлас КТ-05

Вершина угла	№ точек визирования	Положение верт. круга	Отсчеты по горизонтальному кругу		2с	Направления	
			полученный	средний			
<i>Первый приём</i>							
О	9	КП	0°00'00"				
		КП	180°00'15"	0°00'07,5"	-15"	0°00'00"	
	10	КП	29°50'43"	+0,8"			
		КП	209°50'49"	29°50'46"	-6"	29°50'39,3"	
	4	КП	157°31'15"	+1,7"			
		КП	337°31'18"	157°31'16,5"	-3"	157°31'10,8"	
	6	КП	173°17'15"	+2,5"			
		КП	353°17'32"	157°31'23,5"	-17"	157°31'18,5"	
	9	КП	359°59'58"	+3,5"			
		КП	180°00'10"	0°00'04"	-12"	0°00'00"	
	Замыкание горизонта			$\Delta_{лев} = -2"$	$\Delta_{пр} = -5"$	$\Delta_{ср} = -3,5"$	

Затем выполнили обработку результатов измерений и составили сводки направлений для оценки точности результатов измерений.

Таблица 2 – Сводка направлений (теодолит 2Т5К)

Исходное направление 9	Направление 10	Отклонение от среднего	Направление 4	Отклонение от среднего	Направление 6	Отклонение от среднего
0° 00' 00,0"	29° 49' 59,0"	2,9"	157° 29' 21,0"	4,7"	173° 15' 22,0"	1,5"
0° 00' 00,0"	29° 49' 54,0"	2,1"	157° 29' 24,0"	7,7"	173° 15' 14,0"	6,5"
0° 00' 00,0"	29° 49' 55,5"	2,6"	157° 29' 06,0"	10,3"	173° 15' 25,5"	5,0"
среднее	29° 49' 56,1"	$\Sigma = 5,6"$	157° 29' 16,3"	$\Sigma = 22,7"$	173° 15' 20,5"	$\Sigma = 13,0"$

$$\Sigma |v| = 5,6 + 22,7 + 13,0 = 41,3"$$

Для оценки точности направления применяют приближенную формулу Петерса.

Средняя квадратическая погрешность направления, полученная из одного приема, равна

$$\mu = \frac{1,25}{\sqrt{m(m-1)}} \frac{\Sigma |v|}{n} = \frac{1,25}{\sqrt{3(3-1)}} \frac{41,3}{4} = 5,3" \quad (1)$$

С.к.п. уравненного направления (среднего из m приёмов) составила

$$m_i = \mu \sqrt{m} = 5,3 \sqrt{3} = \pm 9,2" \quad (2)$$

Таблица 3 – Сводка направлений (теодолит Атлас КТ-05)

Исходное направление 9	Направление 10	Отклонение от среднего	Направление 4	Отклонение от среднего	Направление 6	Отклонение от среднего
0° 00' 00,0"	29° 50' 30,4"	1,8"	157° 31' 05,3"	7,1"	173° 17' 12,7"	7,4"
0° 00' 00,0"	29° 50' 27,8"	0,8"	157° 30' 54,7"	3,5"	173° 17' 00,6"	4,7"
0° 00' 00,0"	29° 50' 28,6"	1,2"	157° 30' 54,7"	3,5"	173° 17' 02,6"	2,7"
среднее	29° 50' 28,6"	$\Sigma = 3,8"$	157° 30' 56,2"	$\Sigma = 14,1"$	173° 17' 05,3"	$\Sigma = 14,8"$

$$\sum |v| = 3,8 + 14,1 + 14,8 = 32,7''$$

Средняя квадратическая погрешность направления из одного приема равна $\mu = 4,2''$.

С.к.п. уравненного направления (среднего из m приёмов) составила $m_i = \pm 7,2''$.

Время, затраченное на один прием угловых измерений (в среднем):

- оптический теодолит 8-9 минут;
- электронный теодолит 10-12 минут.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

- 1) точность измерения горизонтальных углов электронным теодолитом Атлас КТ-05 выше, чем оптическим теодолитом 2Т5К за счет исключения личных погрешностей наблюдателя;
- 2) производительность работ практически одинаковая для оптического и электронного теодолитов, т.к. процесс наведения на визирную цель электронным теодолитом замедляет особое устройство совмещенных закрепительного и наводящего винтов;
- 3) преимущество электронного теодолита – возможность записи результатов измерений в карту памяти и последующей их математической обработки с использованием программных комплексов на ПК.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жуков, Б.Н. Геодезический контроль сооружений и оборудования промышленных предприятий. Монография. – Новосибирск: СГГА, 2003. – 356 с.
2. Инструкция о построении государственной геодезической сети. – М.: Недра, 1966. – 340 с.
3. Левчук, Г.П. Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ / Г.П. Левчук, В.Е. Новак, В.Г. Конусов – М.: Недра, 1981. – 438 с.
4. Подшивалов, В.П. Инженерная геодезия: учебник для вузов / В.П. Подшивалов, М.С. Нестеренок. – Мн.: Вышэйшая школа, 2011. – 463 с.
5. Геодезические работы в строительстве. Правила проведения: ТКП 45-1.03-26-2006 – Мн.: Минстройархитектуры, 2006. – 66 с.
6. [Интернет ресурсы]: – Режим доступа: <http://www.geototal.ru/>; <http://www.geocom.ru/>; <http://www.geodezistu.ru/>.

УДК 69.003.12

Кузьмин А.В., Пенталь В.Ч.

Научный руководитель: доцент Срывкина Л.Г.

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕТНОЙ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОРМАТИВОВ РАСХОДА РЕСУРСОВ В НАТУРАЛЬНОМ ВЫРАЖЕНИИ

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] с 1 января 2011 г. реализуется комплекс мер по совершенствованию порядка ценообразования в строительстве:

- 1) сметная документация на строительство объектов независимо от источников финансирования должна разрабатываться на основании нормативов расхода ресурсов в натуральном выражении (НРР) и (или) укрупненных нормативов стоимости строительства объекта, стоимости объектов-аналогов;
- 2) сметная стоимость должна определяться на дату начала выполнения строительно-монтажных работ с учетом нормативной продолжительности строительства (т.е. в теку-

щих ценах). Для отражения в сметной документации изменения стоимости строительства от даты начала разработки сметной документации до завершения нормативного срока строительства применяются прогнозные индексы цен в строительстве, утверждаемые Министерством экономики;

3) на основании сметной документации формируется *неизменная договорная цена* на строительство объекта.

Таким образом, вся сметная документация по проектам, где архитектурно-планировочное задание выдано после 1 января 2012 г., должна разрабатываться в текущих ценах и с использованием НРР.

Для расчета стоимости строительства вместо хорошо знакомого и опробованного базисно-индексного метода теперь должен применяться *ресурсный метод*. Он подразумевает применение текущих цен и тарифов к нормативному расходу ресурсов (трудовых, материальных, машин и механизмов, топливно-энергетических, оборудования).

Реализация ресурсного метода предполагает исходным пунктом определение по видам работ потребности в необходимых ресурсах в натуральном выражении на основании данных проекта или дефектного акта (в случае текущего ремонта) и нормативных источников. Затем нормативный расход ресурсов умножается на текущие цены и тарифы, действующие на дату составления сметной документации.

Нормативы расхода ресурсов в зависимости от утверждающих их организаций подразделяются на общереспубликанские, ведомственные и производственные. Порядок их разработки применения регламентируется «Положением о порядке утверждения нормативов расхода ресурсов в натуральном выражении» [2].

Общереспубликанские НРР утверждаются Министерством архитектуры и строительства; ведомственные утверждаются соответствующими республиканскими органами государственного управления и применяются для отдельных видов строительства: дорожного, мелиоративного, создания объектов энергетики, нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности.

Производственные НРР утверждаются организациями и разрабатываются с учетом требований технических нормативных правовых актов, проектных решений, а также условий деятельности конкретных организаций.

Общереспубликанские и ведомственные НРР являются обязательными при составлении сметной документации и определении сметной стоимости строительства по объектам, финансируемым полностью или частично за счет бюджетных и приравненных к ним средств, а также при строительстве жилых домов (за исключением финансируемых с использованием средств иностранных инвесторов).

По остальным объектам заказчик (застройщик) самостоятельно определяет в задании на проектирование, какие НРР (общереспубликанские, ведомственные или производственные) применяются при составлении сметной документации.

В случае отсутствия общереспубликанских и ведомственных НРР при строительстве объектов, указанных выше, могут применяться производственные НРР.

Дадим краткую характеристику новой системы расчета сметной стоимости строительства и составления сметной документации путем сравнения Инструкции по определению сметной стоимости строительства с применением ресурсно-сметных норм (РСН) [3], действовавшей с 01.01.2008 г., и Инструкции о порядке определения сметной стоимости строительства на основе НРР [4], введенной с 01.01.2012 г. Результаты представлены в таблице.

Таблица 1 – Сравнение порядка определения сметной стоимости строительства с применением РСН и НРР

Инструкция по определению сметной стоимости строительства и составлению сметной документации, пост. Минстройархитектуры, 03.12.2007, № 25 [3]	Инструкция о порядке определения сметной стоимости строительства и составления сметной документации на основании НРР, пост. Минстройархитектуры, 18.11.2011, № 51 [4]
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	
Устанавливает порядок определения сметной стоимости строительства и составления сметной документации в базисном уровне цен на 01.01.2006 г.	Устанавливает порядок определения сметной стоимости строительства и составления сметной документации в текущем уровне цен на основании: - НРР; - цен на ресурсы на дату начала разработки сметной документации; - прогнозных индексов цен в строительстве; - нормативной продолжительности строительства
Обязательна для применения при составлении сметной документации на строительство объектов, финансируемых с привлечением бюджетных и приравненных к ним средств	Обязательна для применения при составлении сметной документации на строительство объектов, финансируемых с привлечением бюджетных и приравненных к ним средств, а также при строительстве жилых домов с использованием государственной поддержки
ОПРЕДЕЛЕНИЯ	
НАКЛАДНЫЕ РАСХОДЫ – сумма средств для возмещения затрат строительных и монтажных организаций, связанных с созданием общих условий строительного производства, его организацией управлением и обслуживанием, нормируемых в процентах от суммы основной заработной платы рабочих и заработной платы машинистов в составе затрат на эксплуатацию машин и механизмов	ОБЩЕХОЗЯЙСТВЕННЫЕ И ОБЩЕПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РАСХОДЫ – сумма средств для возмещения расходов подрядчику в строительной деятельности, связанных с созданием общих условий строительного производства, его организацией управлением и обслуживанием, нормируемых в процентах от заработной платы рабочих и машинистов, рассчитанной исходя из стоимости одного человеко-часа в среднем по Республике Беларусь или по г. Минску
ПЛАНОВЫЕ НАКОПЛЕНИЯ – нормативная прибыль от выполнения строительных и монтажных работ, нормируемая в процентах от суммы основной заработной платы рабочих и заработной платы машинистов в составе затрат на эксплуатацию машин и механизмов	ПЛАНОВАЯ ПРИБЫЛЬ – прибыль от выполнения строительно-монтажных работ, нормируемая в процентах от заработной платы рабочих и машинистов, исчисленной исходя из стоимости одного человеко-часа в среднем по Республике Беларусь или по г. Минску
СОСТАВ СМЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ	
Локальные сметы (локальные сметные расчеты, ресурсно-сметные расчеты)	Локальные сметы (локальные сметные расчеты)
Объектные сметы (объектные сметные расчеты)	Объектные сметы (объектные сметные расчеты)
Сводный сметный расчет стоимости строительства	Сводный сметный расчет стоимости строительства (очереди строительства)
Сводка затрат	Сводка средств
Ведомости объемов и стоимости работ	Ведомости объемов работ и расхода ресурсов
Ведомости ресурсов	Ведомости ресурсов
Ведомость сметной стоимости строительства объектов , входящих в пусковой комплекс	Ведомость сметной стоимости строительства зданий и сооружений , входящих в пусковой комплекс
Информационный блок данных	Информационный блок данных
СВОДНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА	СВОДНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА (ОЧЕРЕДИ СТРОИТЕЛЬСТВА)
Глава 1. «Подготовка территории строительства»	Глава 1. «Подготовка территории строительства»
Глава 2. «Основные объекты строительства »	Глава 2. «Основные здания, сооружения »
Глава 3. « Объекты подсобного и обслуживающего назначения»	Глава 3. « Здания, сооружения подсобного и обслуживающего назначения»

Продолжение таблицы 1

Глава 4. «Объекты энергетического хозяйства»	Глава 4. «Здания, сооружения энергетического хозяйства»
Глава 5. «Объекты транспортного хозяйства и связи»	Глава 5. «Здания, сооружения транспортного хозяйства и связи»
Глава 6. «Наружные сети и сооружения водоснабжения, канализации, теплоснабжения и газоснабжения»	Глава 6. «Наружные сети и сооружения водоснабжения, канализации, теплоснабжения и газоснабжения»
Глава 7. «Благоустройство территории»	Глава 7. «Благоустройство территории»
Глава 8. «Временные здания и сооружения»	Глава 8. «Временные здания и сооружения»
Глава 9. «Прочие работы и затраты»	Глава 9. «Прочие работы и расходы»
Глава 10. «Содержание застройщика, заказчика (технического надзора), затраты на осуществление авторского надзора»	Глава 10. «Средства заказчика, застройщика»
Глава 11. «Подготовка эксплуатационных кадров»	Глава 11. «Подготовка эксплуатационных кадров»
Глава 12. «Проектные и изыскательские работы»	
За итогом глав 1-12 ССР приводится резерв средств на непредвиденные работы и затраты	За итогом глав 1-11 ССР учитываются: - резерв средств на непредвиденные работы и затраты; - средства, учитывающие применение прогнозных индексов цен в строительстве от даты начала разработки сметной документации до завершения нормативного срока строительства; - налоги и отчисления в соответствии с действующим законодательством

В Инструкции о порядке определения сметной стоимости на основании НРР появились новые понятия: общепроизводственные и общехозяйственные расходы (ОХРиОПР) и плановая прибыль: ОХРиОПР по экономическому содержанию – это хорошо известные нам накладные расходы, плановая прибыль – это плановые накопления. Порядок их расчета также не изменился: по нормативу в процентах от зарплаты рабочих и машинистов. Отличия в том, что раньше они определялись в процентах от *основной зарплаты*, то есть тарифной части зарплаты, а теперь – от *среднереспубликанской зарплаты*, которая, помимо тарифной части, включает также выплаты стимулирующего и компенсирующего характера: премии, надбавки за продолжительность непрерывной работы, за профессиональное мастерство и т.д.

Выплаты стимулирующего характера, премии исключены из девятой главы сводного сметного расчета, так как они уже учтены в зарплате, отраженной в локальных и объектных сметах. В локальных и объектных сметах отражается теперь большая по величине сумма заработной платы, чем это было в нормативной базе РСН (только тарифная часть). Соответственно, уменьшены по сравнению с нормативной базой РСН нормативы для расчета всех средств, которые определяются пропорционально заработной плате: ОХРиОПР, плановой прибыли, стоимости временных зданий, зимних удорожаний, а также средств, связанных с подвижным и разъездным характером работ.

В заключение можно сделать следующие **выводы**:

1. Новый порядок формирования сметной стоимости строительства на основании НРР предъявляет очень серьезные требования к качеству разработки сметной документации, так как в соответствии с новым Положением о порядке формирования неизменной договорной (контрактной) цены [2] цена заказчика формируется на основании сметной документации и является предельной, то есть цена предложения подрядчика-победителя торгов не должна ее превышать.

2. Неизменность договорной цены может быть обеспечена, помимо наличия качественной проектной документации, только при соблюдении сроков строительства, объективности прогнозного индекса цен в строительстве, обеспечении финансирования строительства согласно графику.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. О совершенствовании порядка определения стоимости строительства объектов и внесении изменений в некоторые указы Президента РБ: Указ Президента РБ, 11 авг. 2011 г., № 361. – Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2011. – № 93. – 1/12766.
2. О некоторых мерах по реализации Указа Президента Республики Беларусь от 11 авг. 2011 г. № 361: пост. Совмина РБ, 18.11.2011, № 1553. – Нац. реестр правовых актов РБ. – 2011. – № 131. – 5/34789.
3. Инструкция о порядке определения сметной стоимости строительства и составления сметной документации на основании нормативов расхода ресурсов в натуральном выражении: пост. Минстройархитектуры РБ, 18.11.2011 г., № 51. – Нац. реестр правовых актов РБ. – 2011. – № 144. – 8/24543.
4. Инструкция по определению сметной стоимости строительства и составлению сметной документации: пост. Минстройархитектуры Респ. Бел., 03 дек. 2007 г., № 25. – Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008. – № 17. – 8/17904.

УДК 624.072.011.1

Ласкевич И.Г.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Жук В.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МЕТАЛЛОДЕРЕВЯННОЙ ФЕРМЫ С СОСТАВНЫМ ВЕРХНИМ ПОЯСОМ

Введение

В соответствии с утвержденными перечнями молочно-товарных ферм, подлежащих реконструкции и техническому переоснащению в 2012 г., в целом в Беларуси планируется реконструировать и технически переоснастить 1198 объектов, что позволит снизить затраты труда и повысить эффективность производства молока, а также увеличить поголовье коров согласно проектной мощности реконструируемых молочно-товарных ферм в количестве 87,8 тыс. голов.

Также в 2012 г. запланировано осуществить строительство новых 104 молочно-товарных ферм. На эти цели правительство изыскало льготные кредитные ресурсы в сумме 2,1 трлн. руб.

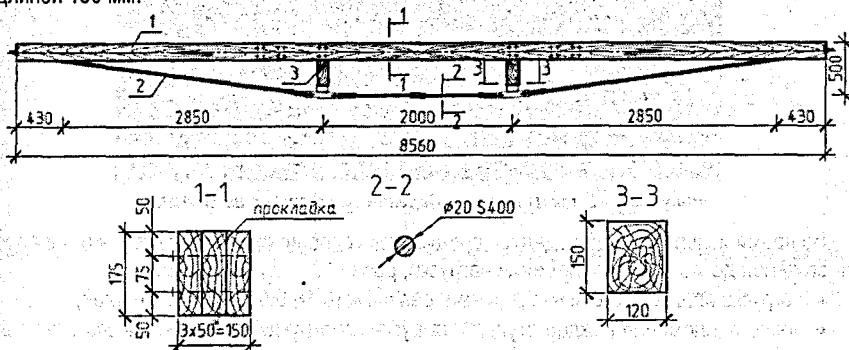
Особенности технологических процессов в зданиях промышленных комплексов для крупного рогатого скота обуславливают необходимость создания достаточно просторных производственных помещений, не разделенных внутренними капитальными стенами, при этом на одно животное должно приходиться (40-60) м³ воздуха. Наиболее удовлетворяют требованиям индустриализации каркасы из сборных железобетонных, клееных деревянных и стальных элементов заводского изготовления, а также каркасы смешанного типа, в которых вертикальные элементы (колонны) изготавливают из сборного железобетона, а несущие конструкции – из дерева и стали [2].

Руководителем области К. Сумаром с целью удешевления строительства поставлена задача: работы по реконструкции и модернизации молочно-товарных ферм вести способом [3]. Очевидно снизить стоимость строительства позволит и применение конструкций, изготовленных из местных материалов, например, древесины, обладающей целым рядом положительных свойств. Несущие конструкции из древесины могут быть изготовлены в столярных мастерских с применением средств малой механизации или не-

посредственно на строительной площадке с использованием передвижных слесарно-механических мастерских.

На кафедре строительных конструкций разработана металлодеревянная ферма пролетом 8,56 м с составным верхним поясом из досок. Ферма предназначена для использования в качестве несущей конструкции под кровлю из штучных кровельных материалов (асбестоцементных волнистых листов, металлочерепицы и т.п. в покрытиях крайних пролетов зданий для крупного рогатого скота бесчердачного типа пролетом 21 (7,5 + 6,0 + 7,5) м, в которых из-за ограниченного сортамента пиломатериалов применение конструкций из цельной древесины невозможно.

Ферма (рисунок 1) включает деревянный составной по длине и ширине верхний пояс: доски сечением $b \times h = 50 \times 175$ мм, длиной 5800 и 2760 мм соединены по длине между собой «вразбежку» через деревянные прокладки сечением $b \times h = 50 \times 175$ мм длиной 400 мм четырьмя металлическими шпильками диаметром 8 мм; по ширине доски соединены между собой через деревянные прокладки сечением $b \times h = 50 \times 175$ мм длиной 200 мм, установленных с шагом 500 мм, с помощью четырех проволочных гвоздей диаметром 5 мм длиной 150 мм.



1 – составной верхний пояс; 2 – нижний пояс; 3 – стойка

Рисунок 1 – Металлодеревянная ферма

Нижний пояс фермы выполнен в виде одиночного тяжа из арматуры периодического профиля (S400) диаметром 20 мм. Усилие от тяжа в опорном узле передается через шайбу, выполненную из швеллера № 6,5 длиной 150 мм. Средний участок металлического тяжа снабжен натяжным устройством (фаркопфом), установленным в середине пролета фермы. По конструктивным соображениям деревянные стойки приняты сечением $b \times h = 120 \times 150$ мм высотой 500 мм. Верхним концом с помощью шипа шириной 50 мм стойки входят в зазор между досками верхнего пояса и крепятся к нему с помощью четырех металлических шпилек диаметром 8 мм, а нижним концом – в гнезда металлических башмаков, соединенных с элементами одиночного тяжа шарнирно – с применением болтов диаметром 24 мм, закрепленных в стальных планках башмака. Петлевидные концы, выполненные из арматуры, надеты на болты и соединены с элементами нижнего пояса. Строительный подъем ферм создан путем натяжения нижнего пояса с помощью фаркопа. Величина строительного подъема фермы принята 20 мм.

Методика экспериментальных исследований

С целью оценки деформативности металлодеревянной фермы испытаниям кратковременной, а затем и длительно действующей нагрузкой был подвергнут блок, образо-

ванный двумя фермами Ф-1 и Ф-2, связанными между собой обрешеткой сечением $b \times h = 60 \times 60$ мм, установленной с шагом 750 мм и наклонными связями, выполненными из досок сечением $b \times h = 25 \times 125$ мм, прибитыми с помощью проволочных гвоздей к боковым граням стоек.

Испытания на поперечный изгиб проводились в соответствии с [4-6].

Связевый блок был установлен на шарнирные опоры, одна из которых была подвижной. Стальные прокладки шириной 60 мм и толщиной 6 мм располагались между шарнирными опорами и фермами во избежание местного смятия древесины. Равномерно распределенная нагрузка создавалась чугунными грузами средним весом 20 кг, которые раскладывались по настилу из древесностружечных плит, уложенных по обрешетке (рис. 2).

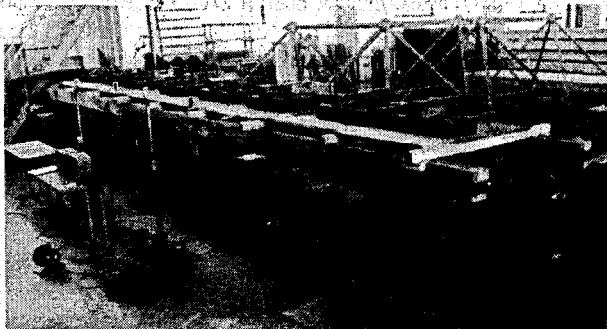


Рисунок 2 – Блок из металлодеревянных ферм на испытаниях

Во время испытаний соблюдались следующие условия: схема нагружения оставалась постоянной до момента приложения нагрузки, равной 2,1 нормативной:

- нагрузка прикладывалась ступенями, равными (0,16-0,17) от нормативной;
- после приложения каждой ступени нагрузки конструкция выдерживалась в течение 5 минут;
- показания прогибов фиксировались дважды: сразу же после нагружения до очередной ступени и после выдержки, в строгой последовательности.

В процессе испытаний вертикальные перемещения замеряли прогибомерами ПАО-6 точностью 0,01 мм, установленными в узлах крепления стоек и на опорах. Схема нагружения и схема расстановки прогибомеров представлены на рисунке 3. Данные испытаний по каждой ступени нагружения заносились в журнал испытаний. По результатам обработки этих данных проводился анализ деформированного состояния элементов связевого блока.

Для оценки влияния длительно действующей нагрузки на деформированное состояние ферм связевой блок был оставлен под нагрузкой на 30 суток.

Анализ результатов испытаний

Из графиков, представленных на рисунке 4, следует, что нарастание прогибов при действии кратковременной нагрузки происходило равномерно в прямой зависимости, что свидетельствует об упругой работе материалов конструкции. Показания прогибомеров П2 и П3, фиксирующие деформации фермы Ф-1, незначительно отличаются от показаний прогибомеров П7 и П6 фермы Ф-2. Это можно объяснить возможной неравномерностью приложения распределенной нагрузки по настилу (рисунок 2), а также разным весом чугунных грузов – от 17,2 до 20,6 кг.

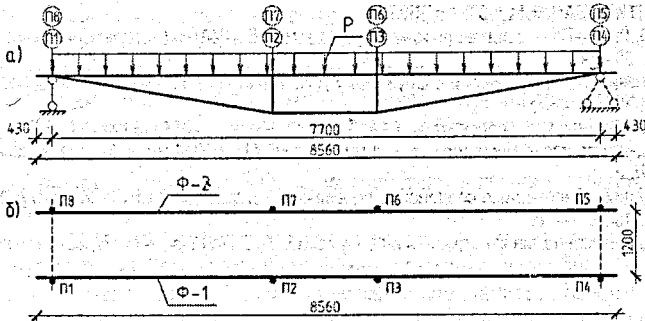


Рисунок 3 – Схема нагружения (а) и схема расстановки (б) прогибомеров

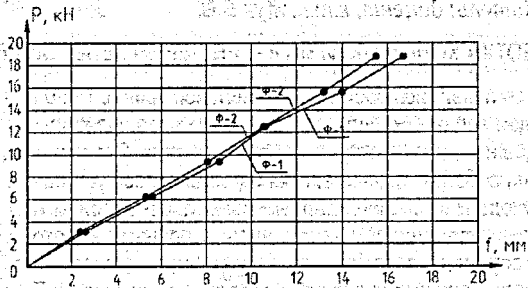


Рисунок 4 – Графики зависимости прогибов от нагрузки при кратковременном нагружении

Прирост деформаций ферм Ф-1 и Ф-2 после их выдержки под нагрузкой незначительный – +0,06 мм и -0,26 мм соответственно (рисунок 5).

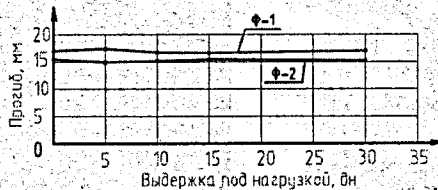


Рисунок 5 – График деформаций блока при длительном нагружении

После снятия нагрузки зафиксированы остаточные деформации (фермы Ф-1 – 0,53 мм и фермы Ф-2 – 1,03 мм, что очевидно связано с наличием «рыхлых» деформаций и смятием древесины в зонах контакта с металлическими изделиями ферм и оснастки.

Выводы

По результатам испытаний и анализа деформативного состояния связевого блока из металлодеревянных ферм можно сделать следующие выводы:

- разработанная металлодеревянная ферма с составным верхним поясом обладает достаточной жесткостью – максимальные деформации узлов по вертикали составили 16,69 мм, что меньше величины строительного подъема фермы, равной 20 мм;
- имеются резервы для снижения расхода древесины и металла путем уменьшения сечений конструктивных элементов фермы.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шайтар, В. Лица АПК – хранилища, комплексы, фермы / В. Шайтар // Современное строительство. – 2012. – №1. – С. 28 – 29.
2. Сельскохозяйственные здания и сооружения / Д.Н. Топчий [и др]. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 480с.
3. Тоболич, А. Фермы: что в перспективе? / А. Тоболич // Заря. – 2011. 15 дек. – С. 1,3.
4. Рекомендации по испытанию деревянных конструкций / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1976. – 28 с.
5. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1980. – 40 с.
6. Долидзе, Д.Е. Испытания конструкций и сооружений / Д.Е. Долидзе. – М.: Высш. шк., 1975. – 252 с.

УДК 721.011

Лещук Е.В.

Научный руководитель: доцент, к.т.н. Жук В.В.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ЗЕЛеноЙ КРЫШИ

В 2002 г. в прессе появились сообщения о зеленой кровле как о новом слове в архитектуре. Однако идея зеленой кровли совсем не так нова. Наиболее известный исторический пример садов на крыше – старинные висячие сады Вавилона, одно из семи чудес света, представляли собой не что иное, как поднимающиеся уступами озелененные террасы дворца Навуходоносора. Легендарные сады были разбиты на искусственно созданных платформах, поддерживаемых мощными колоннами высотой около 27 м. Основанием платформ служили массивные каменные плиты со слоем камыша, залитого асфальтом. Затем шел двойной ряд кирпичей, соединенных гипсом. Еще выше были уложены свинцовые пластины, выполнявшие функции гидроизоляционного материала. Саму террасу покрывал толстый слой плодородной земли (рисунок 1).



Рисунок 1 – Старинные висячие сады Вавилона



Рисунок 2 – Дерновая кровля

Впрочем, тысячи лет народы Скандинавии и Средней Азии в традиционном строительстве также отдавали предпочтение дерновой кровле (рисунок 2).

Исследованиями, проведенными учеными скандинавских стран (и прежде всего Норвегии), убедительно доказано, что травяные крыши могут существенно снизить уровень загрязнения воздуха, обогатить его кислородом и влагой. Самое же главное в том, что травяной ковер кровли создает особую энергетику в жилище, где человек, уставший от современной суетной жизни, может снова ощутить себя в гармонии с природой.

В отличие от современных крыш, нагревающихся в жаркие дни до 80°C (что вызывает движение воздуха и, как следствие, загрязнение его частицами пыли), крыша с травяным покрытием нагревается всего лишь до 25°C, а благодаря конвекции практически не теряет тепло. Помимо этого, за счет "дыхания" корней растений температура травяного покрытия даже в морозы всегда выше нулевой отметки. Излучаемое от стен зданий тепло также частично поглощается травяным ковром и аккумулируется слоем почвы и содержащейся в растениях влагой. Благодаря этим свойствам в домах с зеленой крышей великолепный микроклимат. В летнее время в таком жилище царит приятная прохлада. По сути, травяной ковер кровли – это своего рода естественная система кондиционирования.

Как известно, растения поглощают из воздуха углекислый газ и обогащают его кислородом. Так вот, согласно исследованиям норвежских специалистов поверхность листы зеленой крыши практически в 100 раз превышает площадь самой кровли. Благодаря этому травяной ковер площадью всего 15 м² может произвести кислород в количестве, достаточном для 10 человек.

Наконец, зеленая крыша – великолепный самоочищающийся природный фильтр воздуха. Ведь трава прекрасно улавливает частицы пыли, а дождь их снова смывает.

Гармоничным сочетанием с окружающей средой старинные, большей частью крестьянские дома с озелененной крышей обязаны прежде всего натуральным строительным материалам, к которым прежде всего следует отнести добывавшиеся в местных карьерах природные камни, а также дерн и импортировавшуюся из Норвегии древесину. Стены таких домов возводили из тесаных камней, в то время как их несущая конструкция представляла собой каркас из толстых досок или бревен, на который и опиралась стропильная конструкция. По своему устройству такие дома были схожи с исландскими жилищами, крыши которых также покрывали травой. Подобная конструкция домов была широко распространена вплоть до XVIII-XIX вв.

Устройство крыши с травяным покрытием в скандинавских странах традиционно (рисунок 3). Это несущая стропильная конструкция и обрешетка из досок, слой березовой коры, поверх которого и укладывали в два слоя дерн [1, 2].



Рисунок 3 – Устройство крыши

Данное техническое решение зеленой крыши обладает целым рядом недостатков: трудоемкость устройства гидроизоляции из березовой коры; разрушающее воздействие корневой системы растений на гидроизолирующий слой; при углах наклона скатов более 23° необходимо принимать дополнительные меры, предотвращающие сползание дерна вниз.

В настоящее время в связи с появлением современных гидроизоляционных материалов зеленая крыша [3, 4] может быть выполнена следующим образом (рисунок 4, 5).

Недостатками данного технического решения являются: использование для гидроизоляции дорогостоящих модифицированных битумных пластин или особых защитных слоев из металлической пленки; ветровая и водная эрозия почвосмеси, особенно в первое время после посева семян трав; значительная толщина дощатого настила в силу его работы на косой изгиб; при углах наклона скатов в пределах 15°-35° необходима установка конструкционной защиты; препятствующий соскальзыванию почвосмеси с травяным покрытием вниз.

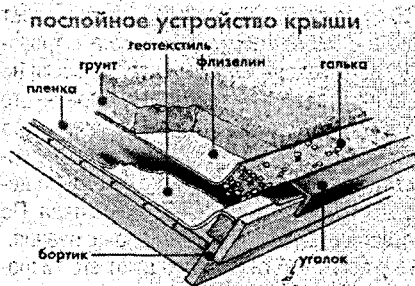


Рисунок 4 – Послойное устройство крыши

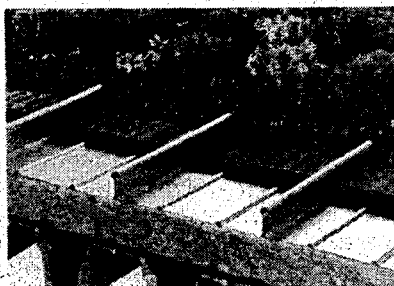
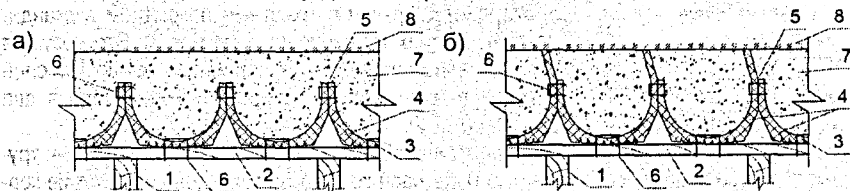


Рисунок 5 – Система водоотвода

С целью упрощения конструкции, уменьшения материалоемкости и трудоемкости, повышения несущей способности и долговечности зеленой крыши предлагается в известной конструкции зеленой крыши, включающей несущую стропильную конструкцию, дощатый настил, гидроизоляцию, почвосмесь с травяным покрытием, гидроизоляцию выполнять гофрированной из симметричных или асимметричных разверток изношенных автомобильных шин, уложенных под углом $\beta = 90^\circ - 4\alpha/3$ к коньку крыши, где α – угол наклона ската крыши к горизонту [5].

Возведение зеленой крыши осуществляется следующим образом: по несущим стропильным конструкциям с помощью гвоздей крепится сплошной дощатый настил. По настилу, начиная со свеса крыши, укладывают гидроизоляцию из симметричных или асимметричных разверток изношенных автомобильных шин под углом $\beta = 90^\circ - 4\alpha/3$ к коньку крыши, где α – угол наклона ската крыши к горизонту. Наружная поверхность боковин разверток изношенных автомобильных шин промазывается герметиком и с помощью проволоочных скоб 6 развертки изношенных автомобильных шин соединяются между собой и крепятся к дощатому настилу. По длине ската развертки изношенных автомобильных шин укладываются с нахлестом 150-200 мм. На гидроизоляцию укладываются почвосмесь, и выполняется устройство травяного покрытия.



а – вариант с симметричными развертками изношенных шин;

б – вариант с асимметричными развертками изношенных шин;

1 – несущая стропильная конструкция; 2 – дощатый настил; 3 – гидроизоляция; 4 – развертка изношенной автомобильной шины; 5 – герметик; 6 – проволоочная скоба; 7 – почвосмесь; 8 – травяное покрытие.

Рисунок 6 – Конструктивное решение предлагаемой зеленой крыши

Для обеспечения водоотведения атмосферных осадков и для защиты фронтонов и конька крыши от эрозии, в нижней части свеса кровли могут быть устроены лотки, а фронтоны и конек крыши могут быть защищены развертками изношенных автомобильных шин большого диаметра (автопокрышки грузового транспорта).

Развертки (ленты) изношенных автомобильных шин получают следующим образом: механическим способом удаляется часть боковины шины с бортовой проволокой; шина

перерезается в одном месте, а оставшаяся часть боковины шины надрезается – пропилы не доходят до протектора 30-50 мм; шину разворачивают в ленту – чем больше пропилов, тем развертка шины ближе к прямой линии.

Сопоставимый с прототипом анализ показывает, что заявленный объект отличается от прототипа тем, что гидроизоляция выполнена в виде гофрированного профиля; из симметричных или асимметричных разверток изношенных автомобильных шин, уложенных под углом $\beta = 90^\circ - 4\alpha/3$ к коньку крыши, где α – угол наклона ската крыши к горизонту. Выполнение гидроизоляции гофрированной из разверток изношенных автомобильных шин, уложенных под углом β , меняет работу настила – он работает только на поперечный изгиб. Боковые поверхности разверток изношенных автомобильных шин, особенно асимметричных, препятствуют сползанию почвосмеси по скату вниз, уменьшают ветровую и водную эрозии почвосмеси.

Выполненный расчет настила под предлагаемую зеленую крышу показал, что несущая способность выше на 15% по сравнению с прототипом. Более того, при возведении зеленой крыши используются утилизированные изношенные автомобильные шины.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зеленая крыша // Дом. – 2003. – №12. – С. 10–12.
2. Зеленая крыша // Дом. – 2004. – №1. – С. 15–18.
3. Удобный садовый домик // Любимая дача. Специальный выпуск. – 2011. – №1. – С. 24–29.
4. Косо, Йозеф. Крыши и кровельные работы / Йозеф Косо. – М.: Контент. – 2007. – С. 271.
5. Зеленая крыша: пат. 8316 Респ. Беларусь, МПК Е 04 В 7/12. / В.В. Жук, Е.В. Лещук; заявитель Учреждение образования "Брест. гос. техн. ун-т" – № и 20110930; заявл. 16.11.2011.

УДК 761/769.1 (476.7)

Матчан А.В., Савонь И.В.

Научный руководитель: ст. преподаватель Воробей А.В.

БРЕСТ В ГРАВЮРАХ

Целью настоящей работы является воссоздание облика средневекового Бреста, основываясь на дошедших до нас изображениях на гравюрах. Задача работы – анализ планов и панорамного изображения с гравюры Э. Дальберга, выявление стилистических особенностей архитектуры города середины XVII века, выявление несоответствий и спорных моментов в изображении, планах и экспликациях, графическая реконструкция отдельных объектов.

Изображения средневековых городов на гравюрах всегда представляли значительный интерес для архитекторов при реконструкции исторической планировочной структуры. Гравюры являлись единственным способом передачи и сохранения визуальной информации в Средние Века и Новое время. Отличаясь достоверностью изображения, гравюры требуют детального изучения.

Особо ценны графические изображения при реконструкции планировочной структуры средневекового Бреста. Самое раннее из изображений, введенное в научный оборот – план и перспектива по эскизам Эрика Дальберга, королевского *tygmjstera* армии Карла Густава. Гравюра известна под названием «Осада Берестья шведами в 1657 г.» (рис. 1). На гравюре показаны земляные бастионы, за которыми на обширном острове хорошо просматривается центр города (нынешний центральный остров крепости). Там же возвышаются высокие в несколько этажей дома в готическом стиле, здания монастырей, костелов и церквей со множеством колоколен.

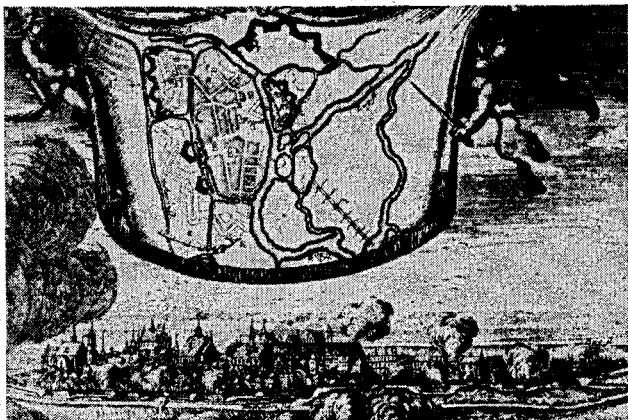


Рисунок 1 – Гравюра Дальберга «Осада Берестья шведами в 1657 году». Изображение плана и перспективы

При внимательном изучении гравюры выявляется ряд неточностей в экспликации на плане и перспективном изображении. Суть проблемы в том, что указанная гравюра не является первоисточником. Кроме нее еще известны несколько эскизов плана города, а именно – план инженера Бонелля под руководством Эрика Дальберга, план собственно Дальберга (рис. 2), эскиз Боденера.



**1 – план инженера Бонелля под руководством Дальберга, 2 – план Дальберга
Рисунок 2 – Планы Бреста**

На гравюре бросается в глаза путаница с обозначениями на плане. Буквой F и буквой G обозначены по два здания. Но если буквой G обозначены два здания, находящиеся рядом – синагога и иешивот (еврейская школа), что может иметь логическое объяснение, то под литерой F мы видим два здания на разных островах (рис. 1). В экспликации на гравюре F обозначена как Соелов. Bernhardinogum – бернардинский монастырь. Это абсолютно верно для здания на Замухавечье, но никак не подходит для крестообразного в плане здания на территории «места», коим на самом деле являлась церковь св. Нико-

лая. На перспективе при этом изображено одно здание, идентифицированное как церковь св. Николая. При этом, если посмотреть на план Дальберга (рис. 1) монастырь бернардинцев обозначен правильно буквой G (BernardinerKloster), в то же время церковь св. Николая не обозначена вообще. Это можно увидеть, внимательно взглянув на карту, рядом со зданием под литерой Е находится необозначенная церковь.

Сравнительный анализ планов замка также выявляет отдельные спорные места. Изображения замка на плане Дальберга и плане с гравюры в целом схожи, но если посмотреть внимательно, имеют различия, касающиеся расположения башен. На плане Бонелля изображён абсолютно другой, 5-бастионный замок. Он обозначен под литерой А. Однако он повторяет пунктирный абрис с плана Дальберга и с гравюры, что позволяет отнести замок на плане Бонелля к варианту проектного предложения по реконструкции Берестейского замка. По мнению автора, замок с плана Дальберга соответствует описанию в «Ревизии староства Берестейского 1566 г.». Исключением являются бастионы, не характерные для замков ВКЛ XVI в., получившие распространение на территории Княжества с конца XVI в (рис. 3).

Ещё одно «белое пятно» – застройка Заугринецкого острова. На трёх рассматриваемых планах обозначено одно здание – доминиканский монастырь. Причём на плане с гравюры и эскизе Дальберга контур здания показан там, где в последующее время размещался жилой корпус монастыря, а на плане Бонелля – там, где стоял костёл. На гравюре мы видим здание под литерой «Е», расположенное на восточной оконечности Заугринецкого острова, у реки Мухавец, но не у перекрёстка улиц, посреди острова, где ему полагалось быть согласно плану. В том районе на перспективе за облаком дыма виднеется башня со шпилем (рис. 3).



- 1 – Заугринецкий остров;
 - 2 – Пясецкий мост;
 - 3 – фрагмент плана Дальберга (гравюра);
 - 4 – фрагмент плана Дальберга; 5 – фрагмент плана Бонелля;
 - 6 – изображение плана замка на плане Дальберга;
 - 7 – изображение плана замка на гравюре
- Рисунок 3

Согласно Квитницкой, костёл Доминиканцев был освящён в 1696 году, то есть почти 40 годами позже изображённых на гравюре событий. Согласно материалам РГВИА, здание на гравюре напоминает доминиканский костёл по композиции плана и объёмов стен, за исключением гранёной апсиды (на гравюре), но отличается архитектурной стилистикой (ярко выраженные готические черты). К тому же готическая башня (возможно звонница) явно не вписывается в образ барочного храма (рис. 4).

Авторы полагают, что на гравюре мы видим изображение костёла августинцев, находившегося на Заугринецком острове до 1666 г. (по материалом Квитницкой) и почему-то не замаркированно на планах (хотя и изображённого).

Интерес представляет архитектура мостов через реки и их рукава. На плане Дальберга почти на всех мостах мы видим стилизованное обозначение башен, что подтверждается наличием башни на гравюре у Пясецкого моста (рис. 3).

Заключение

Гравюра «Осада Бреста шведами 1657...» даёт богатый материал для реконструкции облика средневекового Берестья. Внимательно изучая и анализируя представленный материал, есть возможность воссоздания облика как отдельных зданий, так и градостроительного комплекса в целом.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Квитницкая, Е.Д. Региональные черты зодчества народов СССР // Архитектурное наследство. – Москва: СТРОИИЗДАТ, 1979. – №6. – С. 110–121.
2. Суворов, А.М. Брест. На перекрестке дорог и эпох. – Брест: Полиграфика, 2009. – С. 71–90.
3. Паевский, Л.С. О церквях брестской капитулы в начале 2 половины XVII в. – Вильна, 1887. – С. 10–25.

УДК 726.5

Никитчик Т.А.

Научный руководитель: доцент Ширяева Л.А.

БРЕСТСКИЙ СВЯТО-НИКОЛАЕВСКИЙ КАФЕДРАЛЬНЫЙ СОБОР В XVIII В. ТРАГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ РОКОКО

Введение. В предыдущих работах по Свято-Николаевскому собору были исследованы исторические события XVI–XVII вв., связанные с ним, и архитектура церковного здания, насколько это было возможно. Следующий XVIII в. оказался не менее насыщенным на события исторические и катастрофы, что в итоге привело к полному слому здания. Собор, возрождаемый на том же месте, уже в стиле рококо, затем на фундаментах рококо в стиле классицизма, так и не был достроен.

Основную часть работы начну с краткого изложения подложки событий. Начавшаяся в 1698 г. вторая шведская кампания (Северная война) не обошла город вниманием. 13 февраля 1706 г. под Фрауштадтом (ныне Вسخов) шведы разбили союзную армию российско-литовско-саксонских войск. Уходя на восток, российские подразделения направлялись (в том числе) и к Бресту, где пробыли с февраля по апрель.

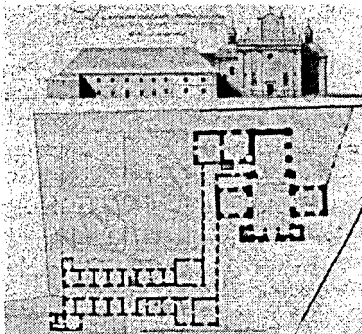


Рисунок 4 – Доминиканский монастырь

С наступающей Пасхой 1706 г. А.Д. Меншиков поздравляет Петра I из Люблина в письме от 22 марта. Не «дойдя до Брестя 17 миль»: «и чаем в начале наступающего торжества в Брест быть, в радости праздновать» [1, С. 753]. 5 апреля Меншиков был еще в городе [1, С. 852]. Здесь же был оставлен полк Постельникова для лечения. Корпус Мейерфельда при занятии Бреста в апреле 1706 г., вытесняя разбитый полк петровской армии, по некоторым источникам, произвел серьезные разрушения. Пока Мейерфельд стоял в Бресте, оставшаяся часть шляхты и магнатов этой страны присягнула королю Станиславу (Лещинскому)» [2]. Описываемое время характеризуется сложным спектром политических союзов; отречением от престола Августа II, коронацией Карлом XII Станислава Лещинского, все более влиятельной дипломатией Петра I.

Первое в XVIII в. подтверждение существования кафедральной Свято-Николаевской церкви связано с упоминанием 6 февраля 1710 г. греко-униатского капитула, образованного при ней [3]. Капитул образовывался из старшего приходского духовенства с определенными, четко установленными функциями.

30 января 1717 г. в Варшаве ратифицирован Договор о Мире между Речью Посполитой и Швецией, подписанный несколькими месяцами ранее, 3 ноября 1716 г. Мир подписан при интересе российского императора Петра I [4]. Для города это значило многое: в Брест пришел мир.

Все Брестское воеводство принялось восстанавливать свои храмы, королем и крупными феодалами роздано много презент (презента – право на приход). За несколько лет в округе Бреста были вновь и повторно фундированы и реконструированы следующие церкви: в Визне (северное Подлясье) 2 июля 1718 г., в Матеевичах 31 июля 1718 г., в Тришине 30 августа 1718 г., в Зводах (севернее Щитник) 19 апреля 1719 г., в Остромецево 20 июля 1719 г., Кодене 11 декабря 1719 г., в Леще и Ревятичах в 1719 г., Сехновицах в 1727 г. и мн. др., что можно проследить по Актам ВАК [5, С. 135-161]. К 1716 г. относится сообщение о появлении восстановленной церкви в православном Свято-Симеоновском монастыре.

Восстановленному ранее всех Свято-Николаевскому собору возвращается кафедральное достоинство, что подтверждается документом о воровстве Янкелем и Ильей Пузьниками братских свеч на 100 фунтов воска из кафедральной церкви в начале декабря 1717 г. Название церкви не приводится, однако ясно, что речь идет именно о Свято-Николаевской. Убеждает в этом одна небольшая, но точная деталь – упоминание склепа под церковью, куда посадили воров (do swego prywatnego więzienia pod cerkiew do sklepu wsadzili) [6, С. 87]. Такие склепы были только в цокольном этаже Свято-Николаевского храма.

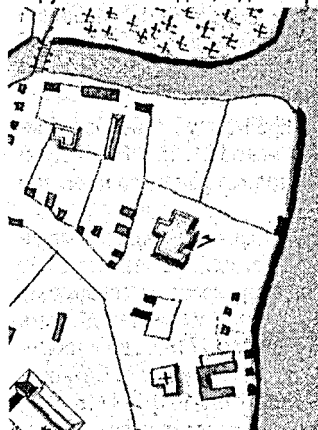
«В 1720 г. митрополит Лев Кишка, по причине эпидемии во Львове, переносит Синод в г. Замостье и устанавливает это в письме, датированным 20 июня из Бреста, называя это место своей кафедрой и среди прочего дает себе титул епископа Брестского» [7; С. 470]. Письмо было написано в резиденции при соборе. Высшее епархиальное духовенство проживало в отдельном доме владыки у Мухавца.

Единственным значимым и достоверным документом XVIII в. является «Визитация генеральная церковей Брестской капитулы». Как сообщает ее публикатор, Лев Семенович Паевский, «Визитация» собора проводилась с 16 января по 11 февраля 1759 г. одним «генеральным визитатором или епископским комиссаром» Александром Иодко [8, С.17], который затратил на это 26 дней. Вероятно, он работал не сам, а под руководством Антония Корончевского. Публикация «Визитации» имеет одну особенность. Ее текст полностью никогда не публиковался, поэтому исследуемый вариант «Визитации»

составляют фрагментарные выдержки, представляющие для Л.С. Паевского определенный церковно-исторический и археографический интерес. Естественно, с учетом цензурных требований.

Соборная церковь в источнике описана кратко. Очертания церкви, показанные на плане И.Г.М. Фюрстенхоффа (рис. 1), как оказалось, отлично коррелируют с описанием церкви по «Визитации». «Церковь кафедральная Брестская в виде креста каменная, вся не оштукатурена и вверху, над окнами заметно растрескавшаяся» [8, С. 48]. С правой стороны главного входа видна митрополичья резиденция.

Мощные наружные стены, не менее 2 локтей (1,2 м), были устойчивы к вертикальным нагрузкам от сводов, однако раскрытие трещин говорит о необратимости начавшихся процессов. Это может быть следствием перестройки, пожара или частичной реконструкции разрушенных (обвалившихся) сводов после вмешательства в старые массивы кладки при соединении их с новой кладкой.



Имея на карте И.Г.М. Фюрстенхоффа масштабную линейку и учитывая инструментальный характер карты, попробуем определить размеры собора. Принимая 1 luthen = 4 м, получим длину собора 29,4 м, ширину 16,8 м [9]. Размеры церкви показывают ее габариты по очертаниям крыши (рис. 1).

Рисунок 1 – Цифрой 7, «в виде креста», обозначен Свято-Николаевский кафедральный собор на плане И.Г.М. Фюрстенхоффа 1740 г. (?). В легенде карты он обозначен как «Руский монастырь и церковь». Автор карты не видел разницы между монастырем и кафедральной территорией [10]

Подробного описания здания в материале «Визитации» нет, это частично можно компенсировать описанием отдельных элементов.

«Визитация» не дает представления о внешнем образе и архитектурном стиле собора, сообщается только, что в «традиции русской» был устроен иконостас, не сама церковь. Внешний облик трехчастного собора самым тесным образом традиционно был связан с Владимиром, Луцком и другими городами южной Руси.

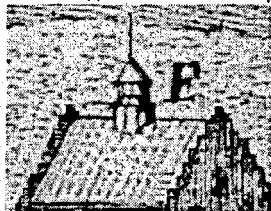
Интересно сообщение Паевского о материале, из которого построено здание. В обиходе конца XIX в. понятие мурованый по-прежнему обозначало все не деревянные строения. В этом месте Паевский некорректно применил это слово, при том, что далее по тексту он упоминает, что «пол в церкви кирпичный», а ризница размещалась в «каменной стене», не кирпичной.

Алтарная часть описана коротким сообщением: «Отдельной ризницы, сооруженной из камня или дерева, при брестской кафедральной церкви нет, а только имеется два шкафа: один при стене, а другой – в самом тугзе (в каменной стене) сделанный» [8, С. 28].

Для изготовления гонтов местная строительная традиция отдавала предпочтение нескольким материалам: сосна и ель (Глогер, Подчашинский), осина; скуды (без паза-ребня) делались из дуба (Подчашинский), менее других подвержены естественной деградации.

В тексте «Визитации» находим следы повреждения наружной кафедральной звонницы, правильнее сказать, ее полное разрушение. Эта звонница, находившаяся в добротном состоянии, упоминается 8 января 1641 г. Она стояла на площади перед собором,

при необходимости служила местом наказания за проступки. Малая звонница поставлена при входе на Никольское кладбище. По этой причине «звон великий окуту», т.е. с системой подвешивания, находим в церкви, а не на звоннице. Здесь же в слове «окуту» отмечена одна особенность применения колоколов, зависящая от способа их крепления. В



греко-католической традиции раскачивается колокол, в православной традиции звук извлекается раскачиванием била (языка). Обе звонницы были деревянными.

Рисунок 2 – Купол Николаевского собора на панораме Дальберга «Urbs et castellum...» 11 мая 1657. С изображения убраны фланкирующие колонны. Подкупольный восьмерик держит конусообразный купол

Замечание «Визитации» о куполе церкви: «на середине крыши деревянный купол, верхушка которого обита белою жестию; на куполе железный крест» [8, С. 48], форму купола, к сожалению, не описывает. Как иллюстрацию можно привести форму купола из более раннего (последнего) изображения собора от 11 мая 1657 г. на панораме Дальберга (издание Нюрнберг, 1696 г.). Здесь купол на коньке брестского собора имеет конусообразное очертание с соотношением высоты к диаметру 5:7 (рис. 2). Примеры таких куполов обнаружены среди церквей г. Владимира-Волынского (Зимнинская церковь), а также купола башен Маложевской церкви.

Пол в церкви кирпичный. Особенности укладки, рисунок пола и размеры кирпичей не приводятся. Обычный кирпич в то время изготовлялся с размерами 300x150x75 мм, согласно «Науке строительной» А. Опалинского (Краков, 1659 г.).

Двери, ведущие из притвора в нартекс, двойные, высотой 4 локтя (2,4 м). Такая высота регламентирована размером хоругвей и рипид, при их выносе во время крестного хода.

Одним из самых важных пунктов этой «Визитации» является упоминание о пристроенной справа митрополичьей резиденции, где находилась сокровищница киевской митрополии, как здесь упомянуто, скарбец. Оценить размеры окон в митрополичьей резиденции можно по следующему сообщению: «в окнах решетки, имеющие в длину и ширину по 4 прента» [8, С. 49]. Прент здесь является прентиком, т.е. 1/10 прента, в документе описка. Прентик измерялся $\frac{3}{4}$ локтя = 45 см [11]. Решетки с размерами $\approx 1,8$ м x 1,8 м дают представление о размерах окна. Количество окон в резиденции не сообщается, сказано, что только «2 из них закрываются железными ставнями» [8, С. 48], что было необходимо для сохранности митрополичьего скарбца.

После проведенной визитации собор просуществовал еще около 15 лет. Богослужения постепенно прекратились, повреждения были настолько велики, что угроза обвала стала реальной. Епархия совместно с соседним монастырем базилиан принимает решение о разборке здания. Это зафиксировано в 6 пункте 10-го вопроса «Объяснений Брестского капитула», где имеется сообщение о способе сноса этого здания. Тут же указываются виновники уничтожения старого здания собора – брестские базилиане, с сообщением, что они «давнюю церковь кафедральную разбили» [7, С. 490. п. 6].

Л.С. Паевский публикацией материала «Визитации» предоставил для исследования бесценный материал, составленный зимой 1759 г. Недостаточное внимание к состоянию гонтовой кровли привело к возникновению и развитию необратимых процессов в верхних слоях каменной стеновой кладки и, что еще категоричнее, к разрушению системы сводов собора. Вероятно поэтому церковное здание, восстановленное в середине 1710-х гг., в 1770-х гг. прекратило существование.

Трагические линии рококо

Простившись с образом церкви, восстановленной в начале XVIII в., с именем Святого Николая расставаться рано. Новое время рождает новые образы и представления о красоте. Барокко со всем своим изысканным великолепием постепенно становится менее востребованным, перерастая в мощный, величественный и пышный стиль рококо. Стремительно ворвавшись в европейские архитектурные каноны, правит недолго, около полувека, но в ВКЛ и на южной Руси получает полное доминирование. В архитектуре зданий это, прежде всего, стиль интерьеров и деталей. Получают проработку мелкие, пластичные и игривые декоративные элементы. Рококо выражается наиболее популярными цветами: белым, светло-голубым, серым, жемчужным и золотым. Очень важным становится диссонанс масштаба. Новые соборы и монастыри намного превышают своими размерами существующую застройку, что убедительно иллюстрирует изображение собора с полотна М. Залесского.

Брест в очередной раз оказался в центре нового архитектурного направления. Два центра – Вильно и Львов, воплотившие роскошь рококо, были авангардом этого нового явления. Виленские костелы: Святой Католики, реконструкция И.К. Глаубица (1741-1773 г.) с декором рококо, Вознесения Господня, проект И.К. Глаубица (1750-1756 г.); брама монастыря базилиан, автор И.К. Глаубиц, возведена в 1761 г.; костел Святых Иоаннов, реконстр. И.К. Глаубица (1737-1773 г.). Львовские: костел доминиканцев, собор Святого Юра, (1744-1770 г.) арх. Бернард Меретин. Холмские жемчужины: костел Отправления святых апостолов, кафедральная базилика Рождества Пречистой Девы (1735-1756 г.), арх. П. А. Фонтана, строительство – Томаш Резлер. В Заславле костел Рождества Божией Матери и монастырь миссионеров (1774 г.) построен по инициативе Антония Пшездзецкого; бердичевский костел Непорочного Зачатия Пречистой Девы Марии кармелитского монастыря (1739-1754 г.) архитектор Ян де Витте; почаевский собор Успения Божьей Матери (1771 г.) Г. Гофмана; костел Преображения Господня в Тарногороде Бернарда Меретина; березвечская (несуществующая) церковь базилианского монастыря (1756-1763); Винницкий Спасо-Преображенский собор (1758) П.А. Фонтана. Это всё характерные доминанты Литвы и южной Руси, прославившие этот стиль.

Анализ, проведенный И.Н. Слюньковой, дает основание увидеть аналогичность брестского Свято-Николаевского собора и львовского кафедрального собора Святого Юра. Свято-Юрский собор был сооружён в 1744-1770 г. Строительство было начато в 1744 г. по проекту Бернарда Меретина, после смерти которого работами руководил С. Фесингер (до 1764) [12]. В это время (с 1770 г.) Брестской кафедрой управлял греко-католический епископ, опат Супрасльский Антоний Струсь Млодовский, занявший этот пост по просьбе митрополита Ф.Ф. Володковича. Митрополит Володкович и владыка Млодовский умерли в один (1778) год. Титулом Брестского владыки пользовались преемники Млодовского, епископы Млоцкий и Арсений Гловневский.

С момента перехода епископства под власть А. Млодовского брестский кафедральный центр становится епархиальной столицей, т.е. самостоятельной греко-католической кафедрой. Это событие нашло отражение в церковной истории города при его правлении, он «обычаем Руси, взял себе второй титул епархиального названия и именовался «епископом Брестским» [13]. С 1779 г. епархией управляет Симеон (Млоцкий) епископ Брестский, пробыв на этом посту до 1792 г. Правление владык Млодовского-Млоцкого – наиболее вероятное время для закладки и начала строительства нового ка-

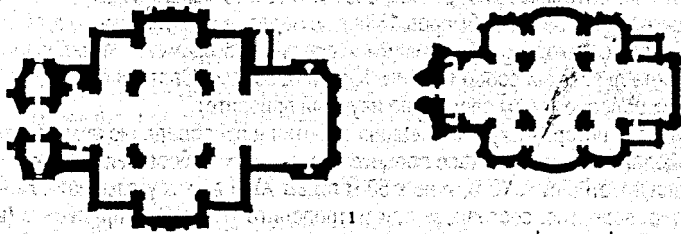
федерального центра. К этому же времени (1788 г.) относится сооружение последней брестской ратуши, на строительство которой было предназначено 10000 злотых [14].

Основным мотивом строительства нового собора в актуальном тогда стиле рококо было создание самостоятельной Брестской кафедры. Символом, знаменующим это событие, должен был стать Свято-Николаевский собор. Это здание также должно было нести символ эпохи, прославляющий короля Станислава Августа, показателем его обрядовой толерантности, быть ярким выражением философии «просвещенного абсолютизма». Вероятно поэтому было принято решение о создании такого величественного здания принципиально новой европейской формации, собора, величественного не только своими размерами 46 м x 31 м (он превосходил даже львовский собор Св. Юра), но в первую очередь своей архитектурой рококо. Замысел архитектора был в том, чтобы создать церковное здание, намного превосходящее все существующие на то время в городе монастырские костелы.

Представленный план Свято-Николаевского собора, по Слюньковой (рис: 3), есть первое изображение плана несуществовавшего здания в стиле рококо. Точное время начала его строительства неизвестно, хотя в подписи к рис. 3 он – «Храм середины XVIII в.», представляет трехчастное крестообразное в плане сооружение продольно-осевой конструкции с получившим развитие притвором, нартексом, прямоугольной алтарной частью.

Основной объем имеет классическую четырехстолпную девятипольную сводную конструкцию. Размеры наоса без крыльев 24,3 м x 22 м. Расстояние между центральными столпами здания составляет 13,5 м на 12,2 м. Боковые разрывы в северной и южной стенах (крылья трансепта), относительно линии внутренней стены, имеют углубления около 2 м. Ширина разрыва (крыла) по внешним осям составляет 11 м. Замечательной особенностью архитектуры собора является конструкция алтарной части, прямоугольной в плане, с внутренними размерами 10,6 м x 12,6 м: Необъяснимо большая алтарная часть (точнее, часть за алтарем собора) могла использоваться для различных целей: для устройства полноценного придела (площади помещения было достаточно); для устройства теплой зимней церкви; могла предназначаться под резиденцию киевского, позже виленского митрополита и его суффрагана; под перенесенную в новое здание ризницу; под кафедральную библиотеку с архивом и т.п.

Несущие наружные стены здания толщиной 4 кирпича (с учетом швов 1,25 м), что составляет 2 локтя. Каждый из четырех опорных столпов, держащих своды, имеет размеры в габаритах 2,6 м x 3,1 м.



1). Николаевский собор в Бресте (новый каменный храм середины XVIII в.)

2). Собор св. Юра во Львове (1744-1764)» [15].

Рисунок 3 – «234. Планы трехчастных купольных базиликанских храмов XVIII в., аналитические таблицы автор»

В нартексе, за вторыми дверями, слева винтовая лестница ведет на хоры и далее на внутреннюю звонницу, справа – служебное помещение.

Снаружи здания, в месте примыкания алтарной части к основному объему, имеется лестница, ведущая в алтарь, под крыльцом – еще одна лестница, ведущая под здание, в склеп.

Стиль рококо на плане И.Н. Слюньковой ярко проявляется следующими элементами: вогнутыми плоскостями стен главного (западного) фасада, углами наружных стен алтарной части, которые преобразуются в циркульные вогнутые дуги (аналог плоского элемента галтель), внутренними вогнутыми плоскостями четырех опорных столпов, образующих овал, а также декоративными пилястрами на выпуклых плоскостях наружных плоскостей стен трансепта.

Заключение. Материал вышеизложенного исследования позволяет сделать вывод о том, что на протяжении XVIII в. история храма представлена двумя примерами церковного здания: восстановленного в 1710-х и вновь заложеного здания в стиле рококо в 1780-х гг.

1. Здание, изображенное Фюрстенхоффом (рис. 1) и описанное в «Визитации», является последней действующей церковью святого Николая. После 70-х гг. следы церковной деятельности отсутствуют. В Брестской резиденции при Свято-Николаевском соборе находилась митрополичья ризница, перемещенная из Киева в Брест после 1686 г. В 1759 г. при митрополите Володковиче ризница была пуста, т.к. богатства находились, вероятно, в Холме. Указом Павла I 28 апреля 1797 г. была образована греко-католическая митрополия со столицей в Полоцке, к которой были присоединены две суфрагании: лужская и брестская. В 1809 г. восстановлена виленская митрополия, на основе двух суфраганий: брестской и оршанской. Ризница и ее сокровища из Бреста перемещены в Вильно. До 1809 г. ризница находилась в Бресте.

2. При оценке плана (рис. 3) необходимо учитывать следующее. При исследовании архитектуры собора И.Н. Слюнькова ссылается на широко известный источник П.Н. Батюшкова «Белоруссия и Литва» (СПб., 1890 г.), где плана (рис. 3) нет, и на план брестского Николаевского собора, известный по чертежам 1834 г. [16], где этого плана также нет. По всей видимости, И.Н. Слюнькова по какой-то причине не опубликовала архивный план Свято-Николаевского собора [16, (ед. хр. 8023)], а профессионально проанализировав его, самостоятельно реконструировала из плана здания обмеров 1834 г., план – рис. 3, который мог быть, по ее мнению, создан в середине XVIII в. Затем в авторской редакции представила его в книге, в «аналитических таблицах автора». Сам же архивный план был опубликован И.Б. Лавровской в газете «Царква» № 3-4, 1996 г., С. 7, представляет здание собора обмеров 1834 г., с чертами классицизма, в этой работе не представлен, т.к. находится за рамками исследуемого времени. И.Н. Слюнькова первая сопоставила львовский собор Святого Юра и брестский Свято-Николаевский собор, обнаружив их подобие, в чем состоит ее научный приоритет.

Однако исследовав историческую мотивацию события и преобладание архитектурных вкусов того периода, возможное начало процесса возведения собора святого Николая в стиле рококо следует отнести к 80-м, а не к 50-м годам XVIII в., как указывает Слюнькова. Строительство, вероятно, состоялось при митрополите Ясоне Смогоржевском (в сане митрополита 1780-1788 гг.), когда Брестской кафедрой управлял епископ Симеон (Млоцкий). Вопрос об авторстве проекта остается открытым, ожидающим своего разрешения. Возможно, ответ обнаружится в ходе досконального изучения биографий четырех ведущих талантливых мастеров 2-й половины XVIII в.: Бернарда Меретина, Яна де Витта, Яна Готфрида Хоффмана, Павла Антония Фонтана.

По результатам предварительных изысканий, отсутствие весомых доказательств существования брестского собора в стиле рококо указывает на то, что церковное здание стиля рококо в городе никогда не существовало, а представленный план (рис. 3) есть продукт вымысла, ничем не подтвержденный. Возведение здания дальше фундаментов не продвинулось. Обращаясь к изображению собора на полотне Залесского, видим недостроенное или разбираемое здание, уже в совсем другом стиле – классицизма. Начало его строительства, вероятно, осуществилось в 80-х годах XVIII в. Примеры подобных архитектурных памятников указывают на столицу. В Вильно в конце 80-х был широко известен профессор виленского университета Вавринец Гудевич. Гудевич получил широкую известность после создания проектов двух главных зданий столицы: виленского кафедрального собора и виленской ратуши. Именно эти два здания в стиле классицизма отлично коррелируют с архитектурой Свято-Николаевского собора в Бресте. Окончательно установить авторство проекта брестского собора может помочь исследование виленских архивов и профессиональной биографии архитектора.

Исчезновение Свято-Николаевского собора из источников (митрополичьих, кафедральных, административных) в 80-х гг. поразительно совпадает по времени с возведением брестскими базилианами нового каменного семилатарного здания церкви святых Петра и Павла, начатого после 1788 г. [17]. Это может означать, что на его строительство была использована часть строительных материалов разобранного здания Николаевского собора.

На примере истории Свято-Николаевского храма выявлена сложность и катастрофичность положения церквей в городе. Находясь в центре конфликта, эти здания первыми принимали на себя выражение воли монархов. Каждая новая социально-политическая формация стремилась себя выразить в культуре, архитектуре, живописи, поэтому возведение здания не успевало за стремительно изменяющимися политическими событиями, что, в конце концов, привело к полному исчезновению всего старого города из своей прародины – центрального острова.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Письма и бумаги имп. Петра Великого. – СПб., 1900. – Т. 4, (1706).
2. Катлярчук, А. Шведы у історыі і культуры беларусаў. – Вільня, 2007. – С. 103.
3. ВАК. – Вильна, 1872. – Т. 6. – С. 518.
4. Volumina legum, T. 6, S. 114-116.
5. ВАК. – Вильна, 1870. – Т. 3.
6. ВАК. – Вильна, 1871. – Т. 5.
7. ВАК. – Вильна, 1889. – Т. 16.
8. Паевский, Л. Город Брест-Литовск и его древние храмы. – Гродно, 1894. – 107 с.
9. Единица длины rute [Dokładny Niemiecko-Polski Słownik. – Königsberg, 1837. – S. 491], в польском прет, (прут), в справочной литературе имеет разброс величин: 3,76 м, 4,32 м, 4,46 м, 4,53 м, 4,87 м. Шведского значения прута на XVIII в. не найдено. Для оценочных действий принято 4 м.
10. Plan von der Stadt Brzesc in Lithauen. J.G.M.v. Furstenhoff. – 1740. – XX 160 (с позволения Брестской областной библиотеки им. А.М. Горького).
11. Горбачевский, Н.И. Словарь древняго актового языка. – Вильна, 1870. – С. 279.
12. Электронный ресурс: Собор_Святого_Юра. – Режим доступа: <http://www.ru.wikipedia.org> | wiki. – Дата доступа: 03.04.2011.
13. Brześć Litewski: Słownik geograficzny królestwa Polskiego. T. I, W., 1880, С. 401.
14. ВАК. – Вильна, 1867. – Т. 2. – С. 188.
15. Слюнькова, И.Н. Монастыри восточной и западной традиций. – М., 2003. – С. 459.
16. РГВИА. Ф. 349, оп. 4, ед. хр. 8023. План Униатскому собору св. Николая, предполагаемому к перестройке в Греко-Российскую церковь. – СПб., 1834. Высочайше утверждён 3 апреля 1837 г.
17. Квйтницкая, Е.Д. Монастыри Бреста XVII-XVIII вв. // Архитектура и строительство. – 1979. – № 27. – С. 119.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ ВОЛОКОН

Композиционными называют материалы, состоящие из двух или более компонентов или фаз. Помимо того, что композиционные материалы должны состоять из двух и более компонентов, материал следует считать композиционным в том случае, если соблюдается ряд дополнительных условий: во-первых, доля каждого компонента не должна быть ниже некоторого значения (ориентировочно 5...10%); во-вторых, свойства составляющих компонентов должны существенно различаться, и, вследствие этого, свойства самих композиционных материалов должны заметно отличаться от свойств исходных компонентов [1].

Непрерывная фаза называется матрицей, а второй компонент – наполнителем, или армирующей фазой, роль которой заключается в изменении в нужном для практических целей направлении свойств матрицы.

Композиционные материалы могут иметь керамическую, металлическую или полимерную матрицу. В зависимости от применяемой матрицы механические свойства этих трех классов композиционных материалов значительно различаются. Полимерные матрицы имеют сравнительно невысокие прочность и модуль упругости; керамические матрицы обладают высокой прочностью и жесткостью, но являются очень хрупкими; металлические матрицы имеют промежуточные значения прочности, модуля упругости и весьма пластичны.

Наполнитель в виде волокон или частиц обычно изготавливают из прочных и жестких материалов (углерод, стекло, арамид, полиэтилен, сталь, бор, карбид кремния, оксид алюминия и др.). Для получения композиционных материалов применяются непрерывные или короткие волокна с небольшим отношением длины к диаметру. Волокна в матрице могут быть случайно расположенными или иметь преимущественное направление ориентации. Если они располагаются в матрице в одном направлении, то такой композиционный материал называют однонаправленным. При использовании в качестве наполнителя ткани с двунаправленным расположением волокон композиционный материал называют двуслоноармированным.

Композиционные материалы на основе фибры (волокон) изготавливаются из продолговатых микроволокон, омоноличенных в отверждающем полимере, связывающем их в единое целое. Наиболее распространенными типами волокон являются углеродные, арамидные и стекловолокна. В качестве отверждающего полимера чаще всего используются эпоксидные и полиакрилонитриловые смолы. В зависимости от типа волокон (фибры), используемых для изготовления композиционного материала (КМФ), их подразделяют на композиционные материалы на основе углеродных волокон (КМФУ), арамидных волокон (КМФА) и стекловолокон (КМФС). В зарубежной научно-технической литературе такие материалы получили название FRP (fibre reinforced polymer).

В композиционных материалах на основе стекловолокон используются кварцевые стекла. Стекловолокна, предназначенные для внешнего армирования, подразделяются на три типа: Е-стекловолокно, А-стекловолокно и АR-стекловолокно, имеющее высокую сопротивляемость щелочным воздействиям. Е-стекловолокно хорошо работает в водных растворах и плохо сопротивляется щелочной и кислотной агрессии. А-стекловолокно является более прочным и жестким, но практически не выдерживает щелочных

воздействий. В АR-стекловолокно для предотвращения негативных воздействий щелочной агрессии на контакте с усиливаемой железобетонной конструкцией вводится значительное количество циркония. Прочностные и деформационные свойства этого стекловолокна сопоставимы с Е-стекловолокном. Достоинство всех стекловолокон – их относительно небольшая стоимость.

Арамидные волокна выпускаются различными производителями под разными торговыми марками – кевлар, тварон, технора. По химической структуре арамиды аналогичны нейлону. Эти волокна анизотропны по своей структуре и по сравнению с другими имеют более высокие прочность и модуль упругости в поперечном направлении. Они более пластичны при действии растягивающих нагрузок, но при сжатии остаются упругими вплоть до разрушения. Арамидные волокна обладают хорошей выносливостью и жесткостью, а также низкими электро- и теплопроводностью.

Углеродные волокна изготавливаются из различных исходных материалов, называемых прекурсорами. Механические свойства волокон сильно зависят от прекурсора и условий карбонизации, т.е. от степени насыщения исходного материала углекислым газом, так как они определяют степень дефектности образующегося кристалла.

Существует три основных типа прекурсоров: первый тип изготавливается из очищенной нефти или угля (пеков); второй тип – полиакрилонитриловые волокна (ПАН-волокна), которые изготавливаются из полиакрилонитрильного прекурсора путем его карбонизации под воздействием высокой температуры; третий тип прекурсора – целлюлозные волокна. Но так как процесс разложения (пиролиза) целлюлозы весьма сложен, то и объемы производства углеродного волокна по этой технологии невелики.

Количество углеродных волокон, производимых на различных технологиях, очень велико, к тому же постоянно появляются новые виды. В последнее время разработаны спиралевидные волокна, способные к удлинению в несколько раз без потери жесткости [1].

Роль полимера сводится к передаче действующих напряжений между волокнами и их защите от внешних воздействий. Для отверждения волокон чаще всего используются эпоксидные, полиэфирные, полиамидные и фенольные составы. Все они обладают хорошей сопротивляемостью различным химическим воздействиям. Эпоксидные составы обладают лучшими механическими свойствами, а полиамидные составы более дешевы.

Наиболее распространенными формами применяемых композиционных материалов являются холсты различного плетения и полосы или пластины. Холсты представляют собой гибкую ткань с одно- или двунаправленным расположением волокон. Полосы или пластины – это изготовленные в заводских условиях изделия из композиционного материала, непосредственно приклеиваемые на заранее подготовленную поверхность усиливаемой конструкции. Объемное содержание армирующих волокон в полимерной матрице колеблется от 25-35% в холстах до 50-70% в полосах. Помимо холстов и полос из композиционных материалов изготавливают гладкую и рифленую арматуру, проволоку, канаты, пряди, каркасы, оболочки для создания обоем при усилении колонн, цельные каркасы для усиления обделок подземных тоннелей различного назначения. Эти виды композиционных материалов в основном используют при новом строительстве, заменяя обычную стальную арматуру в условиях предполагаемого агрессивного воздействия внешней среды.

Физико-механические свойства композиционных материалов определяются типом и количеством применяемых волокон, их ориентацией и распределением в поперечном сечении ленты, а также объемным соотношением волокон и отверждающего полимера в композите. Типичные механические свойства применяемых в строительстве волокон композиционных материалов приведены в таб. 1, а отверждающих полимеров – в табл. 2.

Таблица 1 – Типичные свойства волокон композиционных материалов

Тип фибры	Прочность на растяжение, МПа	Модуль упругости, ГПа	Деформация удлинения, %	Плотность, т/м ³
Углерод с высокой прочностью*	4300 – 4900	230 – 240	1,9 – 2,1	1,8
Углерод с высоким модулем упругости*	2740 – 5490	294 – 329	0,7 – 1,9	1,78 – 1,81
Углерод с высоким модулем упругости**	2600 – 4020	540 – 640	0,4 – 0,8	1,91 – 2,12
Арамид***	3200 – 3600	124 – 130	2,4	1,44
Стекло	2400 – 3500	70 – 85	3,5 – 4,7	2,6

- * На полиакрилонитриловой матрице.
- ** На матрице из эпоксидной смолы.
- *** Арамид может иметь ту же прочность с меньшим модулем упругости.

Таблица 2 – Свойства отверждающихся полимеров

Физико-механические свойства полимеров	Фирма-производитель				
	MBT	SBD	DML composites	Sika	Sumitomo
Прочность на растяжение, МПа	50	17	81	30	29
Прочность при изгибе, МПа	120	28	—	—	—
Модуль упругости при изгибе, ГПа	3	5	—	3,8	2,5
Температура стеклования, °С	55	60, 60	59	53	55

Важным качеством композиционных материалов является их упругое деформирование, вплоть до разрушения. На рисунке 1 приведена типичная диаграмма деформирования для различных композиционных материалов и арматурной стали. Как видно из приводимых графиков, КМФ не обладают пластическими свойствами стали, и их разрушение носит хрупкий характер. Также необходимо иметь в виду, что упругий характер деформирования композиционного материала не способствует перераспределению напряжений в конструкции.

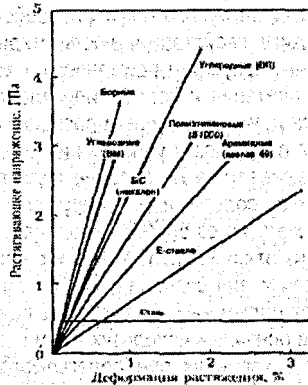


Рисунок 1 – Диаграмма «напряжение - деформация» для различных типов КМФ и арматурной стали

Стойкость к химическим воздействиям. Углеродные и арамидные волокна хорошо сопротивляются многим химическим воздействиям: щелочам, кислотам, хлоридам, сульфатам, нитратам и др. Многие типы стекловолокон подвержены щелочной коррозии

(при $\text{pH} > 11$), но мало поддаются воздействию солей. Арамид по сравнению с другими волокнами обладает большей водонепроницаемостью. Большая концентрация солей может привести к изменению кристаллической решетки у всех типов волокон.

Деформирование при сжатии. Испытания композиционных материалов, используемых для восстановления и усиления железобетонных конструкций, показали, что прочность на сжатие меньше прочности на растяжение [2]. В среднем прочность на сжатие составляет от прочности на растяжение для КМФУ – 78%, для КМФС – 55% и для КМФА – 20%.

Сопротивление ударным нагрузкам. Поведение волокон во время приложения ударной нагрузки определяется полученной ими энергией при упругом деформировании. Волокна, сочетающие высокую прочность на растяжение (более 3500 МПа) и значительное относительное удлинение (более 2%), являются благоприятным материалом для восприятия ударной нагрузки. Этим требованиям отвечают многие типы углеродных, арамидных и стекловолокон.

Воздействие огня. Стекловолокна сохраняют свою прочность вплоть до точки плавления (более 1000°C), тогда как углеродные волокна окисляются на воздухе при температуре около 275°C. Арамидные волокна не могут использоваться при температуре выше 200°C.

Реологические свойства. Все композиционные материалы в той или иной степени обладают ползучестью, то есть со временем их прочность на растяжение снижается. При этом время ретардации зависит от неблагоприятных внешних воздействий – высокой или низкой температуры, ультрафиолетового облучения, щелочного воздействия, циклов «замораживание - оттаивание». При длительных испытаниях (более 500 000 ч) коэффициент длительной прочности составил для КМФС – 0,3, для КМФА – 0,47 и для КМФУ – 0,91. То есть углеродные волокна практически не подвержены ползучести.

Безопасность и санитария. Все типы волокон не представляют опасности для здоровья в условиях нормальной эксплуатации. При непосредственном выполнении работ по усилению отдельные части фибры могут привести к раздражению кожи, глаз и слизистых оболочек. Арамидные, углеродные и стекловолокна являются инертными материалами, не содержащими токсических веществ. Они не содержат вредных примесей, способных загрязнять воздух или проникать в почву.

Анализируя свойства композиционных материалов, можно сделать следующие основные выводы:

- композиционные материалы обладают высокими прочностью на растяжение и модулем упругости, сопоставимыми или даже превосходящими аналогичные показатели стали;
- плотность у них в 3-5 раз меньше, чем у стали;
- из-за своей малой плотности практически не увеличивают массу конструкции, а следовательно, и постоянную нагрузку от собственного веса;
- не подвержены агрессивному воздействию внешней среды, в том числе коррозии;
- обладают хорошей выносливостью и способностью воспринимать многократно повторяющиеся нагрузки;
- в сочетании с усиливаемой конструкцией хорошо воспринимают сейсмические воздействия, а также ударные и взрывные нагрузки;
- могут повторять практически любые формы усиливаемой конструкции;
- не требуют громоздких приспособлений для их монтажа, трудоемкость их установки минимальна;
- во многих случаях позволяют производить работы по ремонту и усилению строительных конструкций с минимальными перерывами в эксплуатации сооружения;

- легко грузятся, транспортируются и доставляются непосредственно к месту установки;
- могут быть предварительно напряжены в процессе установки на усиливаемую конструкцию.

В связи с этим данные материалы нашли широкое применение в мире (например, в Австрии, Бельгии, Великобритании, Германии, Канаде, Польше, США, Франции, Чехии, Японии и др.) для восстановления несущей способности и усиления строительных конструкций различных инженерных сооружений – промышленных и гражданских зданий, мостов, труб, бункеров, причальных сооружений, тоннелей различного назначения, городских подземных сооружений, используются при реставрации памятников архитектуры. В Швейцарии они применяются уже в более чем 80% случаев усиления всех железобетонных строительных конструкций.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мэттьюз, Ф. Композитные материалы. Техника и технология / Ф. Мэттьюз, Р. Ролингс. – М.: Техносфера, 2004. – 408 с.
2. Wu, W. Termomechanical Properties of Fiber Reinforced Plastics (FRP) Bars. PhD dissertation / West Virginia University. – Morgantown, W.Va., 1990. – 292 p.
3. Шилин, А.А. Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами / А.А. Шилин, В.А. Пшеничный, Д.В. Картузов. – М.: Стройиздат, 2007. – 179 с.

УДК 69.003.12

Пенталь В.Ч., Кузьмин А.В.

Научный руководитель: доцент Срывкина Л.Г.

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ СМЕТ НА ОСНОВЕ РЕСУРСНОГО МЕТОДА

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] с 1 января 2012 г. осуществлен переход к составлению сметной документации на основе ресурсного метода с использованием нормативов расхода ресурсов в натуральном выражении (НРР).

Рассмотрим особенности составления локальных смет с применением НРР в сопоставлении с ранее действовавшим порядком составления локальных смет на основе ресурсно-сметных норм (РСН) путем сравнения соответствующих инструкций по определению сметной стоимости (таблица 1).

Нами было выполнено сравнение показателей стоимости выполненных работ с применением старой и новой нормативной базы по одному из проектно-технологических модулей (ПТМ) для конкретного объекта.

Для расчета был выбран объект – «81-квартирный жилой дом в районе технического университета в г. Бресте».

Расчет велся для ПТМ «Стены», расчетный месяц – март 2012 г., был учтен весь комплекс работ по кладке наружных и внутренних стен и укладке перемычек для расматриваемого объекта.

Для сравнения рассчитаны акты сдачи-приемки выполненных работ формы С-2 в трех вариантах:

- 1) с применением НРР;
- 2) с применением ресурсно-сметных норм 2006 г. и пересчетом в текущие цены базисно-индексным методом для объектов, финансируемых из небюджетных средств;
- 3) то же, финансируемых их бюджетных средств.

Таблица 1 – Сравнение порядка составления локальных смет с использованием НРР и РСН

Инструкция по определению сметной стоимости строительства и составлению сметной документации, пост. Минстройархитектуры, 03.12.2007, № 25 [2]	Инструкция о порядке определения сметной стоимости строительства и составления сметной документации на основании нормативов расхода ресурсов в натуральном выражении, пост. Минстройархитектуры, 18.11.2011, № 51 [3]
1	2
<p>1. Графы в локальной смете:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основная заработная плата рабочих (ОЗ_{РСН}); - эксплуатация машин и механизмов (в т.ч. зарплата машинистов) (ЭМ); - материалы, изделия и конструкции (в т.ч. транспортные затраты) (М). <p>2. ПРЯМЫЕ ЗАТРАТЫ=ОЗ_{РСН}+ЭМ+М</p> <p>3. Накладные расходы (НР).</p> <p>4. Плановые накопления (ПН).</p>	<p>1. Графы в локальной смете:</p> <ul style="list-style-type: none"> - заработная плата рабочих (ЗП_{раб.НРР}); - эксплуатация машин и механизмов (в т.ч. зарплата машинистов) (ЭМ); - материалы, изделия и конструкции (М); - транспорт (Тр); <p>2. ПРЯМЫЕ ЗАТРАТЫ=ЗП_{раб.НРР}+ЭМ+М+Тр</p> <p>3. Общепроизводственные и общехозяйственные расходы (ОХРиОПР).</p> <p>4. Плановая прибыль (ПП).</p>
<p>Сметная стоимость в локальных сметах определяется на основании РСН.</p> <p>Ресурсно-сметные нормы – сметные нормативы, которые содержат нормы расхода ресурсов и цены на них, установленные на принятый измеритель работ</p>	<p>Сметная стоимость в локальных сметах определяется на основании НРР и цен на ресурсы на дату начала разработки сметной документации согласно мониторингу</p>
	<p>Цены на ресурсы определяются в следующем порядке:</p>
	<p>Цена одного человеко-часа – по данным Национального статистического комитета о номинальной начисленной среднемесячной зарплате по строительству на первое число месяца, предшествующего дате разработки сметы (для г. Минска – по среднемесячной зарплате для г. Минска) и нормативному рабочему времени 170 часов в месяц. Данная среднемесячная заработная плата принимается как зарплата рабочего 4 разряда</p>
	<p>Цена одного машино-часа:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1) на основании текущих цен с учетом данных мониторинга; 2) для машин и механизмов, отсутствующих в перечне НРР, – расчетным путем
<p>Цена материалов – включается сметная:</p> $Ц_{см} = (Ц_{отп} + Тр) * K_{з-скл}$ <p>$Ц_{см}$ – сметная цена материала, руб.; $Ц_{отп}$ – отпускная цена материала, руб.; $Тр$ – транспортные затраты, руб.; $K_{з-скл}$ – коэффициент, учитывающий заготовительно-складские расходы (ЗСР)</p>	<p>Цена материалов – включается отпускная:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1) на основании текущих цен с учетом данных мониторинга; 2) при отсутствии данных мониторинга – по текущим ценам производителя на территории РБ (при отсутствии производителя – поставщика)
<p>Стоимость оборудования – включается сметная, в т.ч. учитывающая затраты, связанные с приобретением оборудования, которые определяются в процентах от отпускной цены:</p> <ul style="list-style-type: none"> - стоимость запчастей – до 2%; - затраты на тару, упаковку и реквизит – до 2%; - транспортные затраты – до 4%; - затраты по комплектации – до 1%; - заготовительно-складские расходы – до 1,2 	<p>Стоимость оборудования – включается отпускная (с учетом стоимости запчастей и средств на тару и упаковку).</p> <p>Транспортные расходы – включаются в отдельную графу и определяются следующим образом:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> на основании данных о расстоянии перевозок и соответствующих тарифах; <input type="checkbox"/> при отсутствии данных о расстоянии перевозок и тарифах – в размере 2% от отпускной цены оборудования.

Анализ полученных данных позволяет увидеть отклонения соответствующих составляющих стоимости, рассчитанных по НРР и РСН. Они практически везде со знаком «минус», то есть стоимость, рассчитанная по НРР, ниже, чем определенная по РСН. Наибольший отрицательный разрыв наблюдается по небюджетным объектам: по «Прочим затратам» – минус 278,19%; среди составляющих стоимости строительно-монтажных работ наиболее значимое отклонение по эксплуатации машин – минус 82,57%.

Положительное отклонение (превышение в стоимости, рассчитанной по НРР, над стоимостью по РСН) наблюдается только по зарплате, накладным расходам (ОХРиОПР в нормативной базе 2012 г.): плюс 6,58% для небюджетных объектов и плюс 18,26% для бюджетных.

Итоговое сокращение стоимости при расчете по НРР составляет 18,29% для небюджетных объектов и 12,21% для бюджетных объектов.

На основании расчетов актах С-2 составлен график стоимости выполненных работ в разрезе составляющих этой стоимости нарастающим итогом (рисунок 1), наглядно отражающий данную ситуацию.

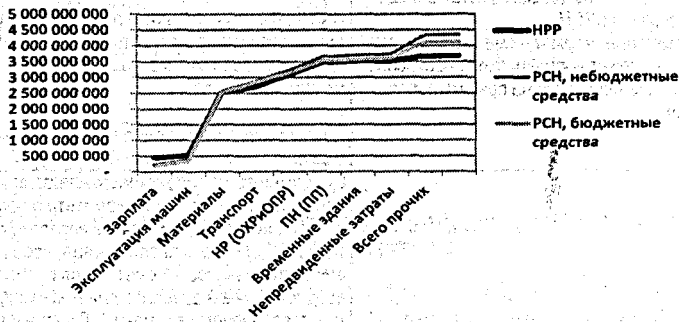


Рисунок 1 – Графики стоимости выполненных работ в разрезе отдельных статей расходов нарастающим итогом

На начальном участке графика отражена сумма зарплаты. Рассчитанная по НРР зарплата превышает зарплату, рассчитанную по РСН. Но надо иметь в виду, что при расчете по НРР здесь отражена **вся сумма заработной платы**, включая выплаты стимулирующего и компенсирующего характера. В то же время на аналогичном участке графика, составленного по РСН, отражена только **основная зарплата**, то есть только тарифная ее часть, а выплаты стимулирующего и компенсирующего характера отражаются в составе «Прочих затрат».

Для подрядных организаций безусловный интерес будет представлять соотношение сумм заработной платы, рассчитанных по НРР и по РСН.

Суммарная зарплата по НРР, как сумма зарплат рабочих и зарплат машинистов, составляет в рассматриваемом случае **511 518 505 руб.**

Зарботная плата по РСН определяется как сумма:

- основной зарплаты рабочих;
- зарплаты машинистов;
- также *различных надбавок к зарплате* в размере, предусмотренном законодательством при расчетах по РСН [2].

- *выплат стимулирующего характера (80% от суммы основной зарплаты рабочих и зарплаты машинистов);*

- затрат, связанных с повышением тарифной ставки при переводе на контрактную форму найма работников (25%);
- введения прогрессивно возрастающих расценок и повышенных тарифных ставок рабочих за увеличение производства продукции (10%).

Суммарная зарплата, рассчитанная по РСН, составила в рассматриваемом ПТМ:

- при финансировании из небюджетных средств – **624796904 руб.** (минус 22,15% по отношению к НПП);

- при финансировании из бюджетных средств – **536046068 руб.** (минус 4,8% по отношению к НПП).

Данная ситуация наглядно продемонстрирована на рисунке 2.

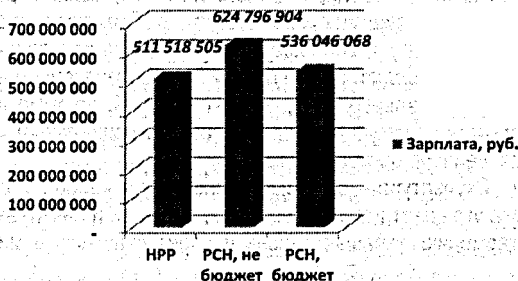


Рисунок 2 – Общая сумма заработной платы, рассчитанная по НПП и РСН

Анализ полученных результатов расчета стоимости выполненных работ с применением нормативных баз НПП и РСН позволяет сделать следующие **выводы**:

5. По результатам сравнения **стоимости выполненных работ** по ПТМ «Стены» оказалось, что сумма, рассчитанная по новой базе НПП 2012 г., меньше аналогичной суммы, рассчитанной по базе РСН-2006 на **12,21-18,29%** (соответственно, для бюджетных и небюджетных объектов). Это снижает стоимость строительства для заказчика, но может вызывать вопросы у подрядных организаций в отношении обоснованности методики расчета отдельных затрат и правильности цены ресурсов в Республиканской нормативной базе.

6. Наибольшие отрицательные отклонения наблюдаются по стоимости **расходов** по эксплуатации машин и механизмов (**81,85 – 82,57%**) и стоимости **транспортных расходов** (**65,52%**).

Такие существенные расхождения между суммами, рассчитанными по НПП и РСН, могут быть вызваны следующими причинами:

- по эксплуатации машин и механизмов – необоснованно низкими ценами одного машино-часа в Республиканской нормативной базе;
- по транспортным расходам – низкими процентами расчета транспортных затрат.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. О совершенствовании порядка определения стоимости строительства объектов и внесении изменений в некоторые указы Президента Республики Беларусь: Указ Президента Респ. Бел., 11 авг. 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. Бел., 18.11.2011 г., № 51. – Нац. реестр правовых актов РБ. – 2011. – № 144. – 8/24543.

3. Инструкция по определению сметной стоимости строительства и составлению сметной документации: пост. Минстройархитектуры РБ, 03.12.2007 г., № 25. – Нац. реестр правовых актов РБ. – 2008. – № 17. – 8/17904.

БРЕСТСКАЯ МОНУМЕНТАЛЬНАЯ СКУЛЬПТУРА ХХІ ВЕКА

Введение. Целью настоящей работы является изучение брестской монументальной скульптуры последнего десятилетия. Произведения монументального искусства, вступая в синтез с архитектурой и пейзажем, становятся важной пластической или смысловой доминантой ансамбля и местности, поэтому выбранная мной тема является очень актуальной в наши дни. Памятники или пространственные композиции традиционно посвящаются или стилистическими своими особенностями отображают современные идейные веяния и социальные тенденции, воплощают философские концепции. Обычно произведения монументального искусства имеют своим предназначением увековечение выдающихся деятелей, значительных исторических событий, но тематика и стилистическая направленность их напрямую связаны и с общим социальным климатом и атмосферой, преобладающей в общественной жизни.

Основная часть. Скульптура – один из древнейших и наиболее распространенных видов искусства. Она украшает наши сады, парки, площади и памятные места. Она воспеваает красоту и гармонию, украшает жизнь и дарит счастливые минуты созерцания прекрасного.

Возникновение скульптуры, относящееся к первобытной эпохе, непосредственно связано с трудовой деятельностью человека и магическими верованиями.

К главным выразительным средствам скульптуры относятся расположение фигуры в пространстве; ее поза, жесты, передача движения, организация объема, сочетание частей, выбор пропорций, силуэта. Объемная скульптура находится в реальном пространстве и строится по законам гармонии формы и содержания, равновесия, ритма, контраста.

Монументальная (городская, парковая) скульптура рассчитана на конкретное природное окружение и архитектурное пространство, размещается чаще всего в общественных местах – на площадях, улицах, в парках, у фасадов и в интерьерах общественных архитектурных сооружений. Это – памятники, монументы, мемориалы, фонтаны, парковая скульптура и т.п. Призванная конкретизировать архитектурный образ, акцентировать и дополнять выразительность архитектурных форм пластическими средствами, монументальная скульптура пропагандирует важные общественные задачи, увековечивает па-



Рисунок 1 – Памятник героям-пограничникам в Брестской крепости

мять о выдающихся событиях и людях. В городских монументах, парковых памятниках, мемориальных сооружениях, по размерам больше натуральных, обычно отражается величие и значительность форм, лаконизм пластики, долговечность материала, возвышенность образного строя, широта и активность общения зрителей с произведением. Создаваемые на века, произведения монументальной скульптуры выполняются в бронзе, мраморе, граните.

Наиболее часто монументальная скульптура используется в виде памятников, посвященных великим историческим персоналиям или же важным историческим событиям.

Трагедия войны, подвиг народа, священная память о нём – главная тема белорусской монументальной скульптуры второй половины XX века. И она находит своё отражение во всемирно известном мемориальном комплексе "Брестская крепость-герой". Каждый композиционный элемент ансамбля несет большую смысловую нагрузку и оказывает сильное эмоциональное воздействие.

За годы своего существования мемориальный комплекс "Брестская крепость-герой" стал центром военно-патриотического воспитания, здесь сложилось много хороших традиций.

Кроме исторических монументов, которые перешли в разряд «следов эпохи», на руинах 9-й пограничной заставы напротив Тереспольских ворот недавно появилась новая скульптурная композиция, посвященная памяти семей пограничников.

Подвиги героев-пограничников запечатлены во многих произведениях монументального искусства. Однако нигде в мире нет памятника тем женщинам и детям, которые вместе со своими мужьями и отцами сражались с врагом в самом начале Великой Отечественной войны. Автор ансамбля – лауреат Ленинской премии скульптор Валентин Занкович, который много лет проработал над реконструкцией Брестской крепости. Памятник, выполненный в бронзе и граните, изображает родных начальника 9-й пограничной заставы Андрея Кижеватова. Женщина в каземате подает раненому солдату воду в каске. Рядом стоит девочка, ее дочь, которая держит на руках испуганного мальчишку. А наверху идет бой.

Монументальная скульптура прежде всего выполняет мемориальную функцию. Она наполняет города и природные ландшафты живой историей.

Так, три года назад, в нашем городе появилась, по истине, монументальная скульптурная композиция, посвященная 1000-летию основания города. Памятник стал настоящим украшением ул. Советской, которая по праву считается одной из самых красивых пешеходных улиц в Беларуси. Это первая и пока единственная монументальная группа в областном центре. Авторы проекта – известный брестский архитектор А. Андреюк и скульптор А. Павлючук.

Работа авторов над монументом, начиная от первоначальной идеи и до ее окончательного воплощения в бронзе и граните, шла очень непросто. Впрочем, такова судьба всех сооруженных значительных памятников в мировой истории искусства: «Per aspera ad astra» (Через тернии к звездам). И, наконец, 25 июля 2009 года – свершилось!

Величественный пятнадцатиметровый памятник 1000-летию славного города на Буге, сооруженный на средства пожертвований брестчан и городской казны, был торжественно открыт в рамках празднования 990-летия города. Должна заметить, что подобной монументальной композиции, в которой гармонично так спрессовались страницы одной из легендарных «глав» многовековой национальной истории, в Беларуси пока нет.

Семь фигур украшают этот монумент. Ангел-хранитель города с крестом (венеч памятника, высота – 3,8 метра) смотрит в сторону старого Берестья. Он защищает город



Рисунок 2 – Памятник 1000-летию Бреста

от врагов, которые приходили с Запада. Три исторических персонажа – великий князь ВКЛ Витовт с мечом и в короне, князь волынский Владимир Васильевич с Брестской вежей в руках (башня-донжон символ укрепления Берестья построенная князем во второй половине XIII века), Николай Радзивилл Чёрный с Библией, которая благодаря его усилиям была напечатана в Берестье. И три собирательных образа – Летописца, Женщины-матери, Солдата-победителя (все по три метра высотой).

По окружности, под скульптурами, внизу колонны в апреле 2011 года был установлен круговой горельеф общей площадью 11 м². На нём изображены наиболее значимые для истории Бреста ключевые события. «Ехал купец, да застрял в болоте. Он и его слуги уложили гать из бересты» и таким образом спаслись: отсюда по одной из легенд пошло название Берестье. Далее изображены фрагменты исторической Грюнвальдской битвы 1410 года. Вот небесные силы в образе Ангела, благословляющие на победу воинов берестейской хоругви. Один воин держит в руках стяг с гербом берестейского воеводства – «Погоня», на щите другого – лук с направленной вверх стрелой – герб Бреста. Далее – сцены битвы соединенных полков ВКЛ и Польши с тевтонцами, тщательно пластически выверенные во всех исторических ракурсах, реалиях, атрибутах и аксессуарах. Рядом – Брестская Библия в руках ангелов над древним городом. Не забыта и героическая оборона Брестской крепости, вошедшая в легенду мировой истории войн. А заканчивается этот пояс темой освоения Космоса. Это и понятно: уроженец деревни Комаровка Брестского района белорус Пётр Климух трижды побывал в космическом полёте. А на самом нижнем ярусе монумента расположены 12 бронзовых табличек с символических часов, отмеряющих поступь неумолимого времени. На табличках – краткие аннотации о главных событиях многовековой истории города. Летом 2011 года красочная ограда в стиле модерн завершила архитектурный ансамбль памятника.

Эта монументальная скульптурная композиция прежде всего наполняет город историей, к которой можно прикоснуться и изучить.

На обновлённой пешеходной улице Советской появились скульптурные композиции, также связанные с историей древнего города. Одна из летописей гласит, что в XVI веке на одной из башен замка были установлены городские часы. А при часах городской магистрат содержал трубача. Звуки его инструмента сопровождали каждый час.

И вот спустя несколько сотен лет, часы и трубач вернулись в город, правда, только в виде скульптурных композиций. Установлены атмосферные часы, верхушка которых представляет собой фрагмент городского герба. Кроме декоративно-утилитарной функции, часы также информируют граждан об эволюции брестской геральдики. А рядом с часами декоративная конструкция в виде купола, украшена скульптурой «Трубача». Композиция высотой 1,8 метра отлита из лёгкого материала – композита и весит около 30 кг, поэтому её способна выдержать достаточно хрупкая конструкция купола.



Рисунок 3 – Скульптура «Трубача»

На других куполах пешеходной улицы установлены скульптурные композиции, также связанные с древним городом – «Страж» и «Ангел, рассыпающий звёзды». Авторы всех этих композиций брестские скульпторы Павел Герасименко и Алеся Гурщенкова. Выпускники Белорусской государственной академии искусств каждую из своих работ выполняют сообща. Благодаря их мастерству в городе появились монументальные скульпту-

ры, рассказывающие об истории города и его жителей. Примером может служить открытый в 2005 г. памятник святому Афанасию Брестскому – иегумену Свято-Симеоновского монастыря, покровителю города над Бугом, а также памятный знак (2007 год) в честь получения Брестом магдебургского права.

Среди городов современной Беларуси Брест первый получил магдебургское право. Его даровал король польский и великий князь Литовский Ягайло в 1390 году. Это означало получение Брестом определенной самостоятельности в экономической деятельности, разрешении имущественных споров, регулировании общественно-политической жизни – без участия верховной власти. На памятном знаке в виде барельефа приведён фрагмент грамоты на право самоуправления. По контуру знака идут даты. Первая – 1390 год: получение Брестом магдебургского права, а затем годы подтверждения этого права и последняя дата – 1991 год. Вероятно, авторы хотели подчеркнуть, что именно в этом году Беларусь стала независимым государством.

На улице Советской «живёт» еще один интересный персонаж – летучая мышь. Она сторожит «Наказ». На свитке написано, что фонарям постановляется гореть всегда и в любую погоду. Идея скульптурной композиции «Старый фонарь» принадлежит брестскому скульптору Алексею Павлючуку, автору монументальной скульптурной композиции, посвящённой 1000-летию основания города.

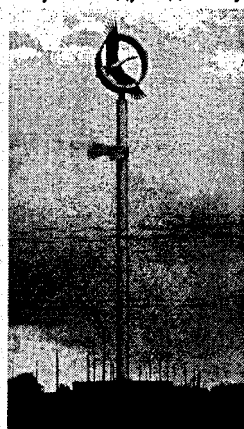


Рисунок 4 – Скульптурная композиция «К солнцу»

Скульптурные композиции украшают не только центр города, но и городской парк, и район гребного канала.

В середине одного из озёр парка расположен небольшой островок, который украсила бронзовая скульптура «Мелодия» (по народному «Русалка») обнажённая фигура девушки, играющей на флейте.

Напротив гребного канала возвышается скульптурная композиция «К солнцу». Символ Беларуси Аист изображён летящим к солнцу. Скульптура работы П. Герасименко и А. Гурценковой высотой около 20 метров встречает гостей нашей страны, прибывающих в Беларусь через пункт пропуска «Варшавский мост». Этим скульпторам также принадлежит авторство ещё одной композиции на гребном – «Лодки».

Современная монументальная скульптура создается для конкретного пространственного окружения и может быть вписана как в городской, так и в природный пейзаж. Такое произведение создается не для кабинета одного конкретного человека, а для массового зрителя.

Эксперименты скульпторов Брестчины обогащают пластический язык, вносят в решение образов неожиданность метафор, новизну эмоциональных оттенков. В целом, как это ни парадоксально, складывается впечатление, что о прошлом художники говорят языком более новаторским, а о настоящем более традиционным.

Заключение. Монументальные произведения олицетворяют время и эпоху. Замечательная черта последнего десятилетия – возобновление интереса к этому виду искусства и востребованность монументальной скульптуры практически во всех городах страны. Можно с уверенностью констатировать, что сегодня наступил некий перелом, и скульпторы вновь начинают играть активную роль в жизни белорусских городов, где вызволяются из «небытия» и увековечиваются в бронзе герои отечественной истории. Установка памятников по-прежнему является принципиально важной градообразующей задачей, играющей большую роль в формировании городской среды.

К сожалению, жилая среда массовой городской застройки наших городов чрезвычайно бедна произведениями искусств, в отличие от исторических центров, обеспечивающих культурно-эстетическую ценность новых районов города. Мне хотелось бы, чтобы в новых микрорайонах Бреста всё чаще появлялись монументальные скульптурные композиции и малые декоративные формы, которые украсят город и объединят его современную архитектуру.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Крестовский, И. Монументальная и декоративная скульптура XVIII – XIX веков / И. Крестовский, Е. Петрова – М.: Искусство, 1951.
2. Исаченко, В. Г. Монументальная и декоративная скульптура – СПб.: Паритет, 2005.
3. Вечерний Брест №27 – 6 апреля 2011 года.
4. Вечерний Брест – 16 апреля 2008 года.
5. Брестский вестник – 29 октября 2009 года.
6. Брестский вестник – 24 сентября 2009 года.

УДК 69.057.4 (088.8)

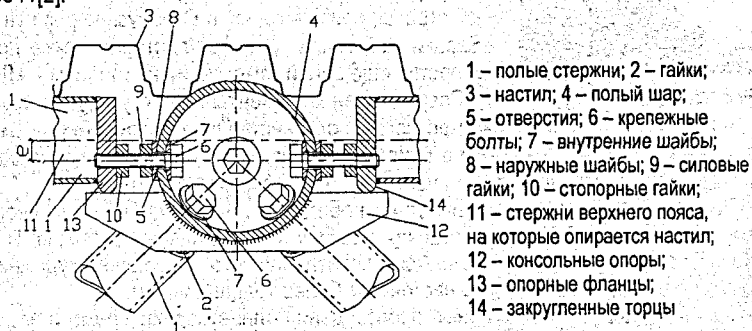
Семенюк О.С.

Научный руководитель: доцент Пчелин В.Н.

ОЦЕНКА МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ СТРУКТУРНЫХ ПОКРЫТИЙ С БЕСПРОГОННЫМИ УЗЛАМИ ВЕРХНЕГО ПОЯСА

В случае использования структурных конструкций в качестве покрытий зданий и сооружений покрытие устраивается по прогонам, опираемым на узлы верхнего пояса, что существенно увеличивает материалоемкость покрытия и трудоемкость его монтажа.

Для снижения материалоемкости структурных покрытий и трудоемкости их сборки в Брестском государственном техническом университете на основе узла системы «БрГТУ» [1] разработана представленная на рис.1 конструкция узла беспрогонного покрытия по патенту № 5541[2].



- 1 – полые стержни; 2 – гайки;
- 3 – настил; 4 – полый шар;
- 5 – отверстия; 6 – крепежные болты; 7 – внутренние шайбы;
- 8 – наружные шайбы; 9 – силовые гайки; 10 – стопорные гайки;
- 11 – стержни верхнего пояса, на которые опирается настил;
- 12 – консольные опоры;
- 13 – опорные фланцы;
- 14 – закругленные торцы

Рисунок 1 – Схема узла беспрогонного структурного покрытия со стержнями верхнего пояса, расположенными с эксцентриситетом относительно болтов по патенту РБ № 5541

В предлагаемом решении каждый из полых шаров верхнего пояса снабжен консольными опорами, жестко прикрепленными к полному шару с возможностью опирания на них расположенных перпендикулярно направлению укладки настила (например, профилированного) стержней верхнего пояса, гайки которых выполнены в виде прикрепленных к

торцам опорных фланцев с закругленными нижними торцами, взаимодействующими с консольными опорами (рис.1). Консольные опоры воспринимают поперечные силы, передаваемые от настила на стержни. Выполнение нижних торцов закругленными обеспечивает свободный поворот стержней при восприятии ими нагрузок, передаваемых от настила.

Каждый из стержней верхнего пояса, на который опирается настил, расположен относительно болтов с обеспечивающим растяжение верхних волокон стержня эксцентриситетом. Наличие эксцентриситета e позволяет уменьшить передаваемые на стержни изгибающие моменты.

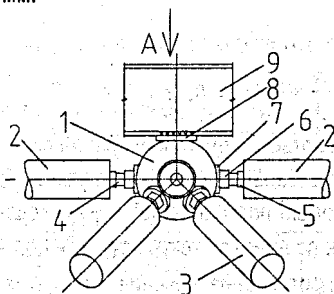
Эксцентриситет e определяется из условия исключения поворота торца стержня под действием прикладываемой нагрузки по выражению:

$$e = \frac{q \cdot L^2}{12N} \quad (1)$$

где q – погонная расчетная нагрузка; N – продольное усилие в стержне; L – расстоянием между точками опирания стержня на консольные опоры.

Эффективность разработанного беспрогонного узла рассмотрим на примере структурной плиты покрытия ледовой арены в г. Пружаны (рис. 2) с ортогональной сеткой верхнего и нижнего поясов, которая характеризуется следующими параметрами:

- размеры в плане – 63х39 м;
- размеры ячейки верхнего и нижнего поясов – 3х3 м;
- высота структурной плиты по осям поясов – 3 м;
- диаметр узловых элементов верхнего пояса – 208 мм;
- перпендикулярные скату стержни верхнего пояса – бесшовные горячекатаные трубы по ГОСТ 8732 (89х5, L=2670 мм);
- погонная нагрузка, передаваемая на прогоны – 7,11 кН/м;
- прогоны – швеллер 14 по ГОСТ 8240;
- кольцевая подкладная шайба: наружный диаметр – 80 мм; диаметр отверстия – 50 мм; толщина – 10 мм.



- 1 – узловой элемент в виде полого шара;
- 2 – полые стержни верхнего пояса;
- 3 – полые стержни раскосов; 4 – болты;
- 5 – стопорная гайка; 6 – силовая гайка;
- 7 – наружная шайба; 8 – подкладные кольцевые шайбы; 9 – прогоны

Рисунок 2 – Общий вид узла верхнего пояса структурной плиты покрытия с узлами «БРГТУ» по патенту РБ №2489 и уложенными по подкладным шайбам прогонам

Усилия в стержнях верхнего пояса структурной плиты ледовой арены представлены на рис. 3.

Для привязки беспрогонного узла к структурному покрытию ледовой арены в г. Пружаны по выражению (1) для стержней верхнего пояса, на которые будет опираться профнастил, определялись эксцентриситеты. В качестве окончательного эксцентрисите-

та для всех узлов принимался минимальный из эксцентриситетов $e = \frac{5 \cdot 2,67^2}{12 \cdot 110} = 27 \text{ мм}$ (для стержня по поясу 1 на рис. 3).

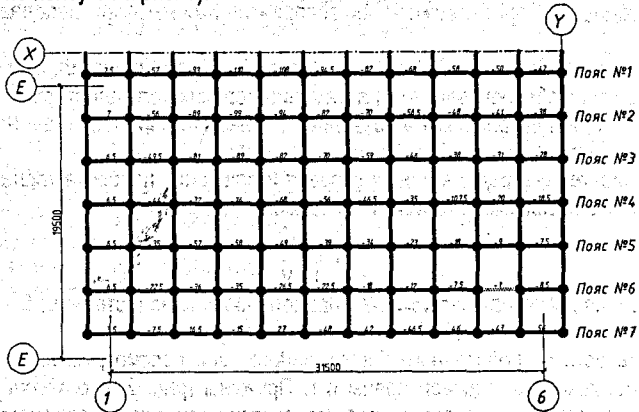


Рисунок 3 – Схема верхнего пояса структуры с усилиями в стержнях, усилия в структурной плите зеркальны относительно осей x и y (на схеме представлена четвертая часть структурной плиты)

Расчёт на прочность внецентренно-сжатых элементов из стали с пределом текучести до 580 МПа, не подвергающихся непосредственному воздействию динамических нагрузок, при $\frac{N}{A_n \cdot R_y} > 0,1$, следует выполнять по формуле [3]:

$$\left(\frac{N}{A_n \cdot R_y \cdot \gamma_c} \right)^n + \frac{M_x}{c_x \cdot W_{sw, \min} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1, \quad (2)$$

а при $\frac{N}{A_n \cdot R_y} \leq 0,1$:

$$\frac{N}{A_n} + \frac{M_x}{I_{sw}} \cdot y \leq R_y \cdot \gamma_c, \quad (3)$$

где N , M_x – абсолютные значения соответственно продольной силы и изгибающих моментов в стержнях верхнего при наиболее неблагоприятном их сочетании; $n=1,5$, $c_x=1,26$ – коэффициенты, принимаемые по прил. 5 [3]; A_n – площадь сечения нетто; R_y – расчётное сопротивление стали по пределу текучести; $\gamma_c=1,05$ – коэффициент условий работы; $W_{sw, \min}$ – момент сопротивления сечения нетто относительно оси x - x ; I_{sw} – момент инерции сечения нетто относительно оси x - x ; y – координата рассматриваемой точки по оси y - y .

$$M_x = \frac{q \cdot l^2}{8} - N \cdot e, \quad (4)$$

$$A_n = \pi \cdot (R_2^2 - R_1^2) = 3,14 \cdot (44,5^2 - 39,5^2) \cdot 10^{-6} = 0,0013 \text{ м}^2,$$

где $R_1=39,5 \text{ мм}$ – внутренний радиус стержней; $R_2=44,5 \text{ мм}$ – наружный радиус стержней.

$$W_{\text{н. мин}} = \frac{\pi \cdot d_2^3}{32} (1 - c^4) = \frac{3,14 \cdot 89^3}{32} (1 - 0,888^4) \cdot 10^{-9} = 0,000026 \text{ м}^3,$$

где $d_2 = 89 \text{ мм}$ – наружный диаметр стержней; $c = \frac{d_1}{d_2} = \frac{79}{89} = 0,888$ – отношение внутреннего диаметра стержней к наружному.

Проверим на прочность стержни 1 пояса (рис. 3), при этом рассмотрим наиболее и наименее нагруженные стержни.

Для стержня с $N = -110 \text{ кН}$ ($q = 5 \text{ кН/м}$):

$$M_x = \frac{5 \cdot 2,67^2}{8} - 110 \cdot 0,027 = 1,5 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad \frac{N}{A_n \cdot R_y} = \frac{110 \cdot 10^3}{0,0013 \cdot 225 \cdot 10^6} = 0,38 > 0,1$$

Дальнейший расчёт производим по формуле (2).

$$\left(\frac{110 \cdot 10^3}{0,0013 \cdot 225 \cdot 10^6 \cdot 1,05} \right)^{1,5} + \frac{1,5 \cdot 10^3}{1,26 \cdot 0,000026 \cdot 225 \cdot 10^6 \cdot 1,05} = 0,408 < 1 \text{ – условие выполняется}$$

есть, значит, стержень прошёл проверку на прочность.

Для стержня с $N = -7,5 \text{ кН}$:

$$M_x = \frac{5 \cdot 2,67^2}{8} - 7,5 \cdot 0,027 = 0,2 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad \frac{N}{A_n \cdot R_y} = \frac{7,5 \cdot 10^3}{0,0013 \cdot 225 \cdot 10^6} = 0,026 < 0,1$$

Дальнейший расчёт производим по формуле (3).

$$\frac{7,5 \cdot 10^3}{0,0013} + \frac{0,2 \cdot 10^3}{0,000026} = 13,47 \text{ МПа} < 225 \cdot 1,05 = 236,25 \text{ МПа} \text{ – условие выполняется, значит, стержень прошёл проверку на прочность.}$$

Выполненная аналогичным образом проверка на прочность всех остальных стержней также дала положительный результат, что позволяет реализовать беспрогонное структурное покрытие без изменения сечения стержней, на которые опирается настил.

Определим расход металла на прогонное и беспрогонное покрытие ледовой арены в форме таблицы 1, при этом учитываем только те элементы, по которым оба варианта отличаются.

Таблица 1 – Сравнение материалоемкости прогонного и беспрогонного покрытия ледовой арены в г. Пружаны

Рассматриваемый элемент конструкции покрытия	Расход металла, кг	
	Прогонное покрытие	Беспрогонное покрытие
Прогонные (швеллер 14, L = 924 мм, q = 12,3 кг/м)	11365	-
Подкладная кольцевая шайба (наружный диаметр – 80 мм; диаметр отверстия – 50 мм; толщина – 10 мм)	77,3	-
Консольные опоры (лист 400x80x10)	-	695,5
Опорные фланцы (130x140x25, диаметр резьбы 24 мм)	-	2150
Гайка стержня (наружный диаметр – 79 мм; диаметр резьбы 24 мм; толщина – 25 мм)	536	-
Всего	11978,3	2845,5

Таким образом, в результате применения узла беспрогонного структурного покрытия удалось снизить расход металла на 9,133 т (76%), что позволяет рекомендовать беспрогонные структурные покрытия к более массовому применению в строительстве.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Узел соединения полей стержней пространственного каркаса: пат. 2489 Респ. Беларусь, МПК 7 E 04B 1/58 / В.И. Драган, А.А. Левчук, Н.Н. Шалобита, В.Н. Пчелин; заявитель УО "Брест. гос. техн. ун-т"

(ВУ). – № и 20050458; заявл. 21.07.05; опубл. 28.02.06 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2006. – №1. – С. 193.

2. Узел соединения верхнего пояса пространственного каркаса из полых стержней: пат. 5541 Респ. Беларусь; МПК 7 E 04B 1/58 / В.И. Драган, В.Н. Пчелин, А.В. Мухин, О.С. Семенюк; заявитель УО "БрГТУ" (ВУ). – № и 20090163; заявл. 09.03.02; опубл. 30.08.09 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – №4. – С. 213.

3. Нормы проектирования: СНиП II-23-81*. – Часть II, Глава 23: Стальные конструкции. – М.: ЦИТП, 1990. – 125 с.

УДК 69.057.4 (088.8)

Семенюк О.С.

Научный руководитель: доцент Пчелин В.Н.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-СТЕРЖНЕВЫХ БЕСПРОГОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЯ

С учетом развития рыночной экономики в республике правительство особый упор делает на разработку ресурсосберегающих конструкций и технологий, к которым в значительной степени относятся пространственно-стержневые конструкции покрытия.

Типичным примером пространственно-стержневых конструкций покрытия являются структурные покрытия, состоящие из объединенных узловыми элементами верхней и нижней поясных стержневых сеток, соединенных между собой раскосной решеткой, и уложенного по опирающимся на узловым элементам прогоны настила.

Геометрия структурных конструкций имеет множество альтернативных форм, однако вопрос объединения элементов в структурную конструкцию является если не главным, то, по крайней мере, определяющим при их проектировании.

В практике строительства применяются болтовые, сварные и комбинированные узловые соединения.

В последнее время в РБ при проектировании и строительстве нескольких десятков объектов нашли широкое применение структурные покрытия с комбинированными узлами «БрГТУ» [1], в которых сочетаются как сварные, так и болтовые соединения, при этом сварка выполняется в заводских условиях, а сборка – в построечных, на болтах.

Эффективность разработанного узла «БрГТУ» можно подтвердить перечнем таких построенных объектов, как «Ледовая арена в г. Пружаны, г. Кобрин, г. Лунинец, г. Малоприга», «Летний амфитеатр в г. Витебске», «Здание НОК», «Дворец водных видов спорта в г. Бресте» и т.д.

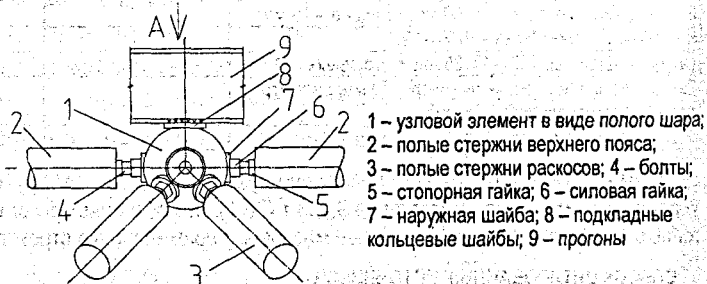


Рисунок 1 – Общий вид элементов структурной плиты покрытия с узлами «БрГТУ» по патенту РБ №2489 и уложенными по подкладным шайбам прогонами

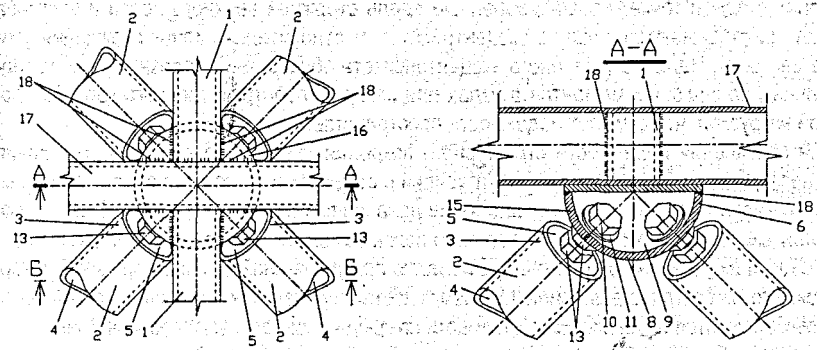
Узловой элемент узла «БрГТУ» (рис. 1) выполнен в виде полого шара с отверстиями в стенке и предназначен для соединения стержневых элементов в виде тонкостенных трубчатых профилей, оголовки которых снабжены жестко установленными в их полостях гайками. Со стороны полости шара через отверстия пропущены крепежные высокопрочные болты с силовой и стопорной гайками с возможностью вкручивания в специальные гайки полых стержней структуры. В проектном положении стопорная гайка стопорит специальную гайку относительно болта, а силовая гайка – болт относительно шара. Разработанная конструкция узла позволила существенно упростить сборку структурных покрытий за счет обеспечения возможности поворота болтов и изменения в допустимых пределах расстояния между стержнями структуры и узловыми элементами при сборке узлов.

Однако использование в строительстве как узла «БрГТУ», таких и ряда других известных узлов, предусматривает устройство верхнего покрытия по прогонам, опираемым на узловые элементы.

В узле «БрГТУ» опирание прогонов на узловые элементы выполняется через приваренные к ним подкладные кольцевые подкладки (рис. 1)

Наличие прогонов в конструкции структурного покрытия существенно увеличивает материалоемкость и обуславливает также повышенные трудозатраты на сборку пространственного каркаса.

Для снижения материалоемкости структурных покрытий и трудоемкости их сборки в БрГТУ разработана на основе узла «БрГТУ» представленная на рис. 2 конструкция узла беспрогонного покрытия по патенту № 4506 [2].



- 1 – стержни поясов; 2 – стержни раскосов;
- 3 – оголовки стержней; 4 – полости стержней;
- 5 – гайки; 6 – полый узловой элемент;
- 7 – отверстия; 8 – стенки узлового элемента;
- 9 – полость узлового элемента; 10 – крепежные болты;
- 11 – внутренние шайбы; 12 – наружные шайбы;
- 13 – стопорные гайки; 14 – полый шар;
- 15 – усеченный полый шар; 16 – крышка;
- 17 – прогоны; 18 – электросварной шов

Рисунок 2 – Узел верхнего пояса структурной беспрогонной плиты покрытия по патенту РБ №4506

Главным отличием патента РБ №4506 от узла «БрГТУ» является то, что узловые элементы верхнего пояса выполнены в виде усеченного полого шара с жестко прикрепленной к нему (например, посредством электросварки) крышкой. Перпендикулярно укладке настила покрытия в верхнем поясе смонтированы опирающиеся на крышки узловых элементов верхнего пояса прогоны, которые жестко прикреплены (например, посредством электросварки) к крышкам. Стержни 1 верхнего пояса расположены между прогонами, смонтированы с возможностью опирания на крышки узловых элементов верхнего пояса каркаса и жестко прикреплены к крышкам и прогонам.

Выполнение каждого из узловых элементов верхнего пояса в виде усеченного полого шара, а не целого, с жестко прикрепленной к нему крышкой, и установка стержней верхнего пояса между прогонами только в одном направлении, благодаря чему количество стержней верхнего пояса уменьшается примерно в два раза, позволяет снизить материалоемкость пространственного каркаса, чему способствует также исключение из конструкции, по сравнению с узлом «БрГТУ», подкладочных шайб. Опирание прогонов и стержней верхнего пояса на крышки в процессе монтажа верхнего пояса каркаса позволяет снизить трудоемкость сборки пространственного каркаса, так как отпадает необходимость в подкладочных шайбах и специальных поддерживающих устройствах при установке стержней верхнего пояса и прогонов.

Однако изготовление каждого из узловых элементов верхнего пояса в виде усеченного полого шара с крышкой, к которой прикреплены стержни верхнего пояса и прогоны, не обеспечивает схождение всех передаваемых на узловой элемент усилий в стержнях и прогонах в одной точке, т.е. направленные вдоль стержней верхнего пояса и прогонов усилия прикладываются к узлу с эксцентриситетом относительно точки схождения усилий в раскосах. Наличие указанного эксцентриситета обуславливает возникновение значительных вращающих моментов в узлах при загрузке пространственного каркаса проектной нагрузкой, что снижает надежность пространственного каркаса.

Для повышения надежности структурного покрытия, за счет обеспечения схождения всех передаваемых на узловой элемент усилий в стержнях и прогонах в одной точке, разработано новое конструктивное решение (подана заявка на выдачу патента РБ), в котором каждый из узловых элементов верхнего пояса выполнен в виде цилиндрического стакана с дном из усеченного полого шара и жестко прикрепленной к стакану крышкой, а торцы каждого из прогонов выполнены с возможностью прилегания к цилиндрической части узловых элементов и снабжены опираемыми на крышки консольными опорами (рис. 3).

Внутренний радиус R усеченного полого шара 17 связан с внутренним радиусом r цилиндрического стакана 16, радиусом $R_{ш}$ внутренних шайб 11 и запасом δ между внутренними шайбами 11 и крышкой 18 или линией примыкания дна в виде усеченного шара 17 к стенкам стакана 16 соотношением:

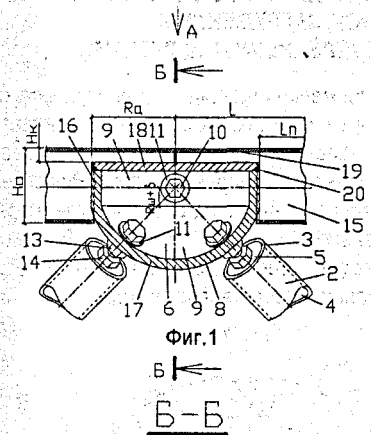
$$R = \sqrt{r^2 + (R_{ш} + \delta)^2} \quad (1)$$

Высота $H_{п}$ каждого из прогонов 15 связана с радиусом $R_{ш}$ внутренних шайб 11, запасом δ между внутренними шайбами 11 и крышкой 18 или линией примыкания дна в виде усеченного шара 17 к стенкам стакана 16 и высотой $H_{к}$ консольных опор 19 соотношением

$$H_{п} = 2(R_{ш} + \delta + H_{к}) \quad (2)$$

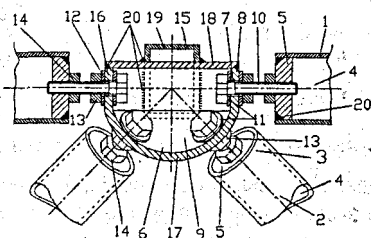
Длина L_n каждого из прогонов 15 без консольных опор 19 связана с наружным радиусом R_n цилиндрической части 15 узлового элемента 6, расстоянием L между узловыми элементами 6 и шириной B прогонов 15 соотношением:

$$L_n = L - 2\sqrt{R_n^2 - (B/2)^2} \quad (3)$$



Фиг. 1

Б-Б



1 – стержни поясов; 2 – стержни раскосов; 3 – оголовки стержней; 4 – полости стержней; 5 – гайки; 6 – полый узловой элемент; 7 – отверстия; 8 – стенки узлового элемента; 9 – полость узлового элемента; 10 – крепежные болты; 11 – внутренние шайбы; 12 – наружные шайбы; 13 – силовые гайки; 14 – стопорные гайки; 15 – прогоны; 16 – цилиндрический стакан; 17 – усеченный полый шар; 18 – крышка; 19 – консольные опоры; 20 – электросварной шов

Рисунок 3 – Узел верхнего пояса беспрогонного структурного покрытия, обеспечивающий схождение всех передаваемых на узловой элемент усилий в стержнях и прогонах в одной точке

Выполнение каждого узлового элемента верхнего пояса в виде цилиндрического стакана с дном в виде усеченного полого шара и жестко прикрепленной к стакану крышкой и определение внутреннего радиуса усеченного полого шара по выражению (1), а высоты H_n каждого из прогонов – из соотношения (2) обеспечивают схождение всех усилий, передаваемых через болты и прогоны на узловой элемент, в одной точке, и, тем самым, повышение надежности структурного беспрогонного покрытия, что позволяет рекомендовать разработанное решение к широкому внедрению в производство.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Узел соединения полых стержней пространственного каркаса: пат. 2489 Респ. Беларусь, МПК 7 E 04B 1/58 / В.И. Драган, А.А. Левчук, Н.Н. Шалобьга, В.Н. Пчелин; заявитель УО "Брест. гос. техн. ун-т" (ВУ) – № 020050458; заявл. 21.07.05; опубл. 28.02.06 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2006. – №1. – С. 193.

2. Пространственный каркас: пат. 4506 Респ. Беларусь, МПК 7 E 04B 1/58 / В.И. Драган, В.В. Люстибер, В.Н. Пчелин, А.Б. Шурин; заявитель УО "Брест. гос. техн. ун-т" (ВУ) – № 020070912; заявл. 21.12.07; опубл. 30.06.08 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2008. – №3. – С. 217.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БЕСШАРНИРНЫХ КРУГОВЫХ АРОК, ЗАГРУЖЕННЫХ РАДИАЛЬНЫМИ РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ НАГРУЗКАМИ

Введение. В практике проектирования находят применение длинные цилиндрические оболочки, выполненные из лёгких материалов. Для таких оболочек особую роль играет ветровая нагрузка, действующая в радиальных направлениях [1]. Расчётная схема длинной цилиндрической оболочки может быть сведена к бесшарнирной арке. Решение задачи расчёта бесшарнирной полукруговой арки на радиальное нагружение равномерно распределённой нагрузкой на всю арку представлено в работе [3]. Таким образом, расчёт бесшарнирных арок кругового очертания на действие радиально направленных равномерно распределённых нагрузок (рис. 1) актуален и представляет интерес.

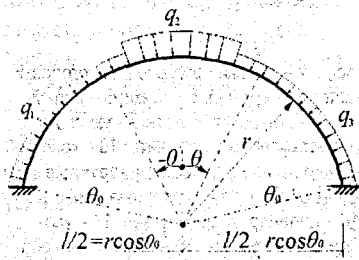


Рисунок 1 – Расчётная схема

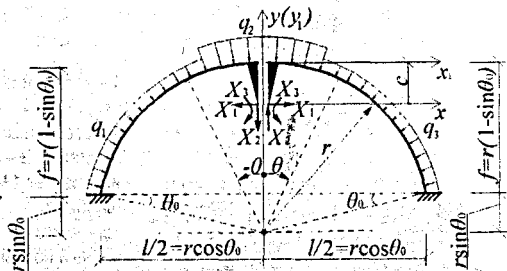


Рисунок 2 – Основная система метода сил

Постановка задачи. Рассмотрим задачу определения усилий и деформаций в бесшарнирных арках постоянной жёсткости кругового очертания при статическом действии произвольного количества радиально направленных равномерно распределённых нагрузок (рис. 1). Для решения задачи используется метод сил с переносом неизвестных в упругий центр (рис. 2). Учитывая, что рассматриваются круговые арки, для упрощения вычисления интегралов Мора воспользуемся полярной системой координат. За полюс принимается точка в центре окружности (точка O), а в качестве оси, относительно которой будем отсчитывать угол (θ) , примем вертикальную ось, направленную от полюса вертикально вверх.

Получение расчётных зависимостей. Зависимость между декартовой (x, y) и полярной (r, θ) системами координат здесь имеет вид:

$$\begin{cases} x = r \sin \theta; \\ y = c + y_1 = c - r(1 - \cos \theta), \end{cases}$$

где $y_1 = -r(1 - \cos \theta)$, c – расстояние от верхней средней точки до упругого центра, определяемое выражением [2]:

$$c = \frac{\int y_1 ds}{\int ds} = \frac{\int [r(1 - \cos \theta)] r d\theta}{\int r d\theta} = \frac{\int [r(1 - \cos \theta)] d\theta}{\int d\theta}$$

Бесшарнирная арка как статически неопределимая система имеет три лишних связи. Система канонических уравнений метода сил будет иметь вид [2]:

$$\begin{cases} \delta_{11} X_1 + \Delta_{1p} = 0; \\ \delta_{22} X_2 + \Delta_{2p} = 0; \\ \delta_{33} X_3 + \Delta_{3p} = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Выражения для усилий в сечениях основной системы метода сил от действия единичных неизвестных имеет вид:

$$\begin{aligned} \overline{M}_1 &= c - r(1 - \cos \theta); & \overline{Q}_1 &= \sin \theta; & \overline{N}_1 &= -\cos \theta; \\ \overline{M}_2 &= r \sin \theta; & \overline{Q}_2 &= -\cos \theta; & \overline{N}_2 &= -\sin \theta; \\ \overline{M}_3 &= 1; & \overline{Q}_3 &= 0; & \overline{N}_3 &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Единичные перемещения вычислим по формуле Мора [2]:

$$\delta_{ik} = \int_0^s \frac{\overline{M}_i \overline{M}_k ds}{EI} + \int_0^s \eta \frac{\overline{Q}_i \overline{Q}_k ds}{GA} + \int_0^s \frac{\overline{N}_i \overline{N}_k ds}{EA}, \quad (3)$$

где EI , GA , EA – жёсткости сечений арки соответственно на изгиб, сдвиг и растяжение-сжатие; η – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения касательных напряжений по высоте сечений при изгибе.

Подставив выражения (2) в (3), учитывая, что $ds = r d\theta$ (рис. 2), и выполнив интегрирование, получим единичные перемещения в виде:

$$\begin{aligned} \delta_{11} &= \frac{r}{EI} \left\{ \left(\frac{\pi}{2} - \theta_0 \right) [2(c-r)^2 + r^2] + 4r(c-r) \cos \theta_0 + \frac{1}{2} r^2 \sin 2\theta_0 \right\} + \\ &+ \eta \frac{r}{GA} \left[\left(\frac{\pi}{2} - \theta_0 \right) - \frac{1}{2} \sin 2\theta_0 \right] + \frac{r}{EA} \left[\left(\frac{\pi}{2} - \theta_0 \right) + \frac{1}{2} \sin 2\theta_0 \right]; \end{aligned} \quad (4)$$

$$\delta_{22} = \frac{r^3}{EI} \left[\left(\frac{\pi}{2} - \theta_0 \right) - \frac{1}{2} \sin 2\theta_0 \right] + \frac{r}{GA} \eta \left[\left(\frac{\pi}{2} - \theta_0 \right) + \frac{1}{2} \sin 2\theta_0 \right] + \frac{r}{EA} \left[\left(\frac{\pi}{2} - \theta_0 \right) - \frac{1}{2} \sin 2\theta_0 \right];$$

$$\delta_{33} = \frac{2r}{EI} \left(\frac{\pi}{2} - \theta_0 \right).$$

Грузовые перемещения найдём по формулам Мора [2]:

$$\Delta_{ip} = \sum \int \frac{\overline{M}_i M_p ds}{EI} + \sum \int \eta \frac{\overline{Q}_i Q_p ds}{GA} + \sum \int \frac{\overline{N}_i N_p ds}{EA}. \quad (5)$$

Для получения выражений внутренних сил в произвольном сечении (θ) от действия внешних радиально направленных равномерно распределённых нагрузок было рассмотрено равновесие правой и левой частей арок относительно сечения, и они были выражены через элементарные нагрузки на бесконечно малых участках $ds = r d\varphi$ (рис. 3, а, б). После интегрирования составленных выражений в пределах действия нагрузок получили:

$$\begin{aligned} M_p'' &= \sum_{i=1}^{n_i''} q_i r^2 \left[\sin \theta (\sin \theta_i^K - \sin \theta_i'') + \cos \theta (\cos \theta_i^K - \cos \theta_i'') \right] + \\ &+ q_i r^2 (1 - \sin \theta \sin \theta_i'' - \cos \theta \cos \theta_i''); \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} M_p' &= -\sum_{j=1}^{n_j'} q_j r^2 \left[\sin \theta (\sin \theta_j^K - \sin \theta_j') + \cos \theta (\cos \theta_j^K - \cos \theta_j') \right] + \\ &+ q_j r^2 (1 - \sin \theta \sin \theta_j^K - \cos \theta \cos \theta_j^K); \end{aligned} \quad (7)$$

$$Q_p^I = - \sum_{i=1}^{n_i^I} q_i r [\cos \theta (\sin \theta_i^K - \sin \theta_i^H) - \sin \theta (\cos \theta_i^K - \cos \theta_i^H)] + q_i r (\cos \theta \sin \theta_i^H - \sin \theta \cos \theta_i^H); \quad (8)$$

$$Q_p^{II} = \sum_{j=1}^{n_j^{II}} q_j r [\cos \theta (\sin \theta_j^K - \sin \theta_j^H) - \sin \theta (\cos \theta_j^K - \cos \theta_j^H)] + q_j r (\cos \theta \sin \theta_j^K - \sin \theta \cos \theta_j^K); \quad (9)$$

$$N_p^I = - \sum_{i=1}^{n_i^I} q_i r [\sin \theta (\sin \theta_i^K - \sin \theta_i^H) + \cos \theta (\cos \theta_i^K - \cos \theta_i^H)] - q_i r (1 - \sin \theta \sin \theta_i^H - \cos \theta \cos \theta_i^H); \quad (10)$$

$$N_p^{II} = - \sum_{j=1}^{n_j^{II}} q_j r [\sin \theta (\sin \theta_j^K - \sin \theta_j^H) + \cos \theta (\cos \theta_j^K - \cos \theta_j^H)] + q_j r (1 - \cos \theta \cos \theta_j^K - \sin \theta \sin \theta_j^K). \quad (11)$$

Подставив выражения (2), (6)–(11) в (5) и проинтегрировав по участкам непрерывности элюр, получим грузовое перемещение, которое состоит из трёх слагаемых, учитывающих соответственно три вида внутренних сил в арках – усилий M , Q и N :

$$\Delta_{ip} = \Delta_{ip}^M + \Delta_{ip}^Q + \Delta_{ip}^N,$$

где в свою очередь: $\Delta_{ip}^M = \Delta_{ip}^{MI} + \Delta_{ip}^{MII}$; $\Delta_{ip}^Q = \Delta_{ip}^{QI} + \Delta_{ip}^{QII}$; $\Delta_{ip}^N = \Delta_{ip}^{NI} + \Delta_{ip}^{NII}$.

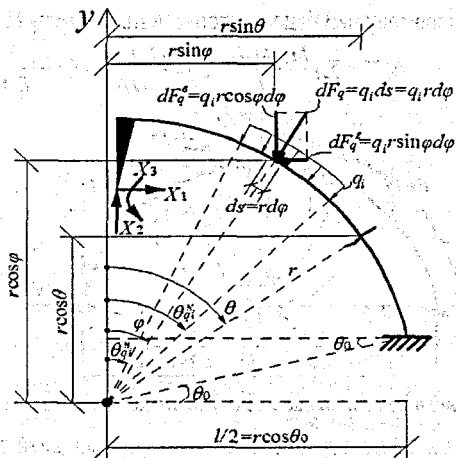
Представим только слагаемые для определения грузовых перемещений от действия единичной силы X_1 и момента, вызванного действием радиально направленной равномерно распределённой нагрузки:

$$\begin{aligned} \Delta_{ip}^M = & \frac{r^3}{EI} \sum_{i=1}^{n_i^I} q_i \{ (c-r)(\theta_i^K - \theta_i^H) + (c-r) \sin \theta_i^H (\cos \theta_i^K - \cos \theta_i^H) - (c-r) \cos \theta_i^H (\sin \theta_i^K - \sin \theta_i^H) + \\ & + r(\sin \theta_i^K - \sin \theta_i^H) - \frac{1}{2} r \sin \theta_i^H (\sin^2 \theta_i^K - \sin^2 \theta_i^H) - \frac{1}{2} r \cos \theta_i^H (\theta_i^K - \theta_i^H) - \\ & - \frac{1}{4} r \cos \theta_i^H (\sin 2\theta_i^K - \sin 2\theta_i^H) \} + \frac{r^3}{EI} \sum_{j=1}^{n_j^{II}} q_j \{ (c-r)(\sin \theta_j^K - \sin \theta_j^H) (\cos \theta_j^K - \sin \theta_j^H) + \\ & + (c-r)(\cos \theta_j^K - \cos \theta_j^H) (\cos \theta_j^H - \cos \theta_j^K) + \frac{r}{2} (\sin \theta_j^K - \sin \theta_j^H) (\cos^2 \theta_j^H - \sin^2 \theta_j^K) + \\ & + \frac{r}{2} (\cos \theta_j^K - \cos \theta_j^H) \left[\left(\frac{\pi}{2} - \theta_j^H - \theta_j^K \right) + \frac{1}{2} (\sin 2\theta_j^H - \sin 2\theta_j^K) \right] \} + \frac{r^3}{EI} \sum_{j=1}^{n_j^{II}} q_j \{ (c-r)(\theta_j^K - \theta_j^H) + \\ & + (c-r) \sin \theta_j^K (\cos \theta_j^K - \cos \theta_j^H) - (c-r) \cos \theta_j^K (\sin \theta_j^K - \sin \theta_j^H) + r(\sin \theta_j^K - \sin \theta_j^H) - \\ & - \frac{1}{2} r \sin \theta_j^K (\sin^2 \theta_j^K - \sin^2 \theta_j^H) - \frac{1}{2} r \cos \theta_j^K (\theta_j^K - \theta_j^H) - \frac{1}{4} r \cos \theta_j^K (\sin 2\theta_j^K - \sin 2\theta_j^H) \} - \\ & - \frac{r^3}{EI} \sum_{j=1}^{n_j^{II}} q_j \{ (c-r)(\sin \theta_j^K - \sin \theta_j^H) (\sin \theta_j^H - \cos \theta_j^H) + (c-r)(\cos \theta_j^K - \cos \theta_j^H) (\cos \theta_j^H + \sin \theta_j^H) + \\ & + \frac{r}{2} (\sin \theta_j^K - \sin \theta_j^H) (\sin^2 \theta_j^H - \cos^2 \theta_j^H) + \frac{r}{2} (\cos \theta_j^K - \cos \theta_j^H) \left[\left(\frac{\pi}{2} - \theta_j^H + \theta_j^K \right) + \frac{1}{2} (\sin 2\theta_j^H + \sin 2\theta_j^K) \right] \}. \end{aligned}$$

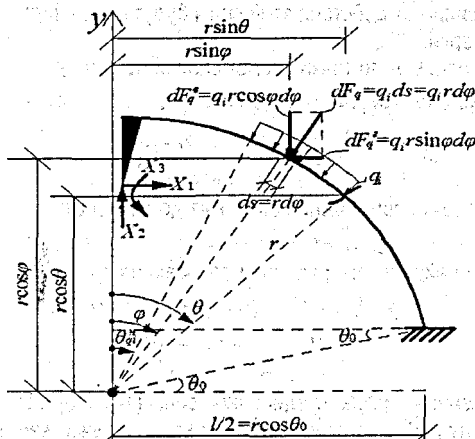
Далее можно решить систему канонических уравнений метода сил (1) и найти неизвестные X_1 , X_2 , X_3 . Окончательные значения внутренних усилий в сечениях правых / левых частей рассматриваемых арок определяются по выражениям:

$$M = \bar{M}_1 X_1 + \bar{M}_2 X_2 + \bar{M}_3 X_3 + M_p^{II,I};$$

$$Q = \bar{Q}_1 X_1 + \bar{Q}_2 X_2 + \bar{Q}_3 X_3 + Q_p^{II,I}; \quad N = \bar{N}_1 X_1 + \bar{N}_2 X_2 + \bar{N}_3 X_3 + N_p^{II,I}.$$



а) сечение на участке, свободном от нагрузки



б) сечение на участке распределённой нагрузки

Рисунок 3 – Отсечение части арки

Определение вертикальных перемещений точек. Деформированный вид арок будет определён, если будут известны перемещения каждой из точек, лежащих на оси арки. Перемещения этих точек будут в общем случае происходить в произвольных направлениях, поэтому для их нахождения (и нахождения соответственно новых координат положения точек) необходимо определить отдельно составляющие этих перемещений на оси x и y – Δ_x и Δ_y . Результирующее значение перемещения и его направление тогда можно будет найти по выражениям:

$$\Delta = \sqrt{(\Delta_x)^2 + (\Delta_y)^2}; \quad \text{tg } \varphi = \Delta_x / \Delta_y. \quad (12)$$

Для определения перемещений будем использовать формулу Мора:

$$\Delta_{ip}^{всп} = \sum \int \frac{\bar{M}_i \cdot M ds}{EJ} + \sum \int J \frac{\bar{Q}_i \cdot Q ds}{GA} + \sum \int \frac{\bar{N}_i \cdot N ds}{EA} \quad (13)$$

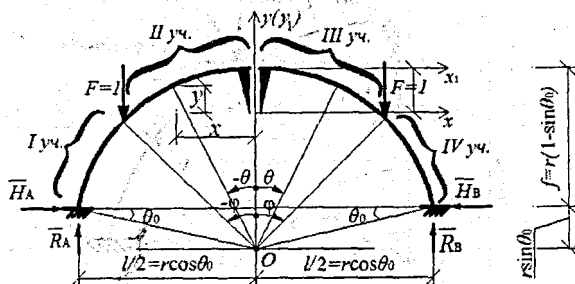


Рисунок 4 – Единичное состояние для определения вертикального перемещения

Получим вначале выражения для вертикальных перемещений точек, лежащих на оси арки. Для этого в принятой статически определимой системе (рис. 2) приложим в точке, для которой будем определять перемещение, единичную вертикальную силу (рис. 4).

Выражения для усилий от действия этой силы будут иметь вид:

1. Для левой полуарки:

а) на участке I (от опоры А до точки приложения силы $F = 1$):

$$\begin{aligned} \bar{M}_I &= -(R_A \cdot (r \cdot \cos \theta_0 + x) - M_A) = -(r \cdot \cos \theta_0 + r \cdot \sin \theta - r \cdot \cos \theta_0 - r \cdot \sin \varphi) = -r \cdot (\sin \theta - \sin \varphi); \\ \bar{Q}_I &= +R_A \cdot \cos(-\theta) = \cos \theta; \\ \bar{N}_I &= -R_A \cdot \sin(-\theta) = \sin \theta; \end{aligned} \quad (14)$$

а) на участке II (от точки приложения силы $F=1$ до опоры В):

$$\bar{M}_I^{II} = 0; \quad \bar{Q}_I^{II} = 0; \quad \bar{N}_I^{II} = 0, \quad (15)$$

где опорные реакции найдены из уравнений равновесия арки:

$$\begin{aligned} \sum M_A = 0: & 1 \cdot r \cdot (\cos \theta_0 - \sin(-\varphi)) - M_A = 0. \\ M_A &= r \cdot (\cos \theta_0 + \sin \varphi). \\ \sum Y = 0: & R_A = 1. \end{aligned} \quad (16)$$

Подставив выражения усилий от единичной силы (14), (15) и от внешних нагрузок (7), (9), (11) в формулу (13), выполнив интегрирование по участкам и просуммировав его результаты, получим выражение для определения вертикального перемещения рассматриваемой точки (сечения) левой полуарки, которое представим в виде:

$$\Delta_{ip}^{всп} = \left(\Delta_{ix_1}^{(M)} + \Delta_{ix_1}^{(Q)} + \Delta_{ix_1}^{(N)} \right) \cdot X_1 + \left(\Delta_{ix_2}^{(M)} + \Delta_{ix_2}^{(Q)} + \Delta_{ix_2}^{(N)} \right) \cdot X_2 + \left(\Delta_{ix_3}^{(M)} + \Delta_{ix_3}^{(Q)} + \Delta_{ix_3}^{(N)} \right) \cdot X_3 + \Delta_{yp}^{(M)всп} + \Delta_{yp}^{(Q)всп} + \Delta_{yp}^{(N)всп}, \quad (17)$$

где $\Delta_{ix_1}^{(M)}$, $\Delta_{ix_1}^{(Q)}$, $\Delta_{ix_1}^{(N)}$; $\Delta_{ix_2}^{(M)}$; $\Delta_{ix_2}^{(Q)}$; $\Delta_{ix_2}^{(N)}$; $\Delta_{ix_3}^{(M)}$; $\Delta_{ix_3}^{(Q)}$; $\Delta_{ix_3}^{(N)}$ – перемещения искомой точки в вертикальном направлении (по оси y) в основной системе метода сил от действия единичных значений неизвестных метода сил соответственно X_1 , X_2 , X_3 , определяемые выражениями:

$$\begin{aligned} \Delta_{ix_1}^{(M)} &= -\frac{r^3}{EJ} \left[\left(\cos \theta_0 \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \theta_0 \right) \right) \cdot (\cos \varphi + \sin \theta_0 + \sin \varphi \cdot \varphi + \sin \varphi \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \theta_0 \right)) - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{4} \cos 2\varphi - \frac{1}{4} \cos 2\theta_0 - \sin^2 \varphi - \sin \varphi \cdot \cos \theta_0 \right]; \end{aligned} \quad (18)$$

$$\Delta_{yX_1}^{(Q)} = \eta \frac{r}{GA} \cdot \frac{1}{2} (\sin^2 \varphi - \cos^2 \theta_0); \quad \Delta_{yX_1}^{(N)} = \frac{r}{EA} \cdot \frac{1}{2} (\cos^2 \theta_0 - \sin^2 \varphi);$$

$$\Delta_{yX_2}^{(M)} = -\frac{r^3}{EJ} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\pi}{2} + \varphi - \theta_0 \right) - \frac{1}{4} \sin 2\varphi - \frac{1}{4} \sin 2\theta_0 + \sin \varphi \cos \varphi + \sin \varphi \sin \theta_0 \right];$$

$$\Delta_{yX_2}^{(Q)} = -\eta \frac{r}{GA} \cdot \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\pi}{2} + \varphi - \theta_0 \right) + \frac{1}{4} (\sin 2\varphi + \sin 2\theta_0) \right]; \quad (19)$$

$$\Delta_{yX_2}^{(N)} = -\frac{r}{EA} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\pi}{2} + \varphi - \theta_0 \right) - \frac{1}{4} (\sin 2\varphi + \sin 2\theta_0) \right];$$

$$\Delta_{yX_3}^{(M)} = -\frac{r^3}{EJ} \left[-\cos \varphi + \sin \theta_0 - \sin \varphi \cdot \left(\frac{\pi}{2} + \varphi - \theta_0 \right) \right]; \quad \Delta_{yX_3}^{(Q)} = 0; \quad \Delta_{yX_3}^{(N)} = 0. \quad (20)$$

$\Delta_{yp}^{(M)_{нев}}$, $\Delta_{yp}^{(Q)_{нев}}$, $\Delta_{yp}^{(N)_{нев}}$ – перемещения рассматриваемой точки в вертикальном направлении (по оси y) в основной системе метода сил от действия внешних нагрузок, определяемые выражениями

Приведём только выражение для определения $\Delta_{yp}^{(M)_{нев}}$:

$$\Delta_{yp}^{(M)_{нев}} = \frac{r^4}{EJ} \sum_{j_1=1}^{n_q} q_{j_1} \left\{ \left(\sin \theta_{j_1}^k - \sin \theta_{j_1}^n \right) \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\pi}{2} + \varphi - \theta_0 \right) - \frac{1}{4} \sin^2 \varphi - \frac{1}{4} \sin 2\theta_0 + \sin \varphi \cos \varphi - \sin \varphi \sin \theta_0 \right] + \right.$$

$$\left. + \left(\cos \theta_{j_1}^k - \cos \theta_{j_1}^n \right) \cdot \left[\sin^2 \varphi - \frac{1}{2} \cos^2 \theta_0 - \sin^2 \varphi - \sin \varphi \times \cos \theta_0 \right] \right\} + \frac{r^4}{EJ} \sum_{j_2=1}^{n_a} q_{j_2} \cdot \left\{ \sin \varphi \cdot \left(\theta_{j_2}^k - \theta_{j_2}^n \right) + \right.$$

$$\left. + \cos \theta_{j_2}^k - \cos \theta_{j_2}^n + \sin \varphi \cdot \sin \theta_{j_2}^k \cdot \left(\cos \theta_{j_2}^k - \cos \theta_{j_2}^n \right) + \sin \theta_{j_2}^k \cdot \left(\frac{1}{2} \left(\theta_{j_2}^k - \theta_{j_2}^n \right) - \frac{1}{4} \sin 2\theta_{j_2}^k + \frac{1}{2} \sin 2\theta_{j_2}^n \right) - \right.$$

$$\left. - \sin \varphi \cdot \cos \theta_{j_2}^k \cdot \left(\sin \theta_{j_2}^k - \sin \theta_{j_2}^n \right) + \cos \theta_{j_2}^k \cdot \left(\frac{1}{2} \sin^2 \theta_{j_2}^k - \frac{1}{2} \sin^2 \theta_{j_2}^n \right) + \left(\sin \theta_{j_2}^k - \sin \theta_{j_2}^n \right) \cdot \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\pi}{2} + \theta_{j_2}^n - \theta_0 \right) - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{4} \sin 2\theta_{j_2}^k - \frac{1}{4} \sin 2\theta_0 + \sin \varphi \cdot \left(\cos \theta_{j_2}^k - \sin \theta_0 \right) \right] + \left(\cos \theta_{j_2}^k - \cos \theta_{j_2}^n \right) \cdot \left[\frac{1}{2} \sin^2 \theta_{j_2}^k - \frac{1}{2} \cos^2 \theta_0 - \right.$$

$$\left. - \sin \varphi \cdot \left(\sin \theta_{j_2}^k + \cos \theta_0 \right) \right] \right\} + \frac{r^4}{EJ} q_m \cdot \left\{ \sin \varphi \cdot \left(\varphi - \theta_{j_3}^n \right) + \cos \varphi - \cos \theta_{j_3}^n + \sin \varphi \cdot \sin \theta_{j_3}^k \cdot \left(\cos \varphi - \cos \theta_{j_3}^k \right) + \right.$$

$$\left. + \sin \theta_{j_3}^k \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \left(\varphi - \theta_{j_3}^n \right) - \frac{1}{4} \sin 2\varphi + \frac{1}{4} \sin 2\theta_{j_3}^n \right) - \sin \varphi \cos \theta_{j_3}^k \cdot \left(\sin \varphi - \sin \theta_{j_3}^k \right) + \cos \theta_{j_3}^k \cdot \left(\frac{1}{2} \sin^2 \varphi - \frac{1}{2} \sin^2 \theta_{j_3}^k \right) + \right.$$

$$\left. + \left(\sin \theta_{j_3}^k - \sin \theta_{j_3}^n \right) \times \left[\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + \theta_{j_3}^n - \theta_0 \right) - \frac{1}{4} \sin 2\theta_{j_3}^k - \frac{1}{4} \sin 2\theta_0 + \sin \varphi \cdot \left(\cos \theta_{j_3}^k - \sin \theta_0 \right) \right] + \right.$$

$$\left. + \left(\cos \theta_{j_3}^k - \cos \theta_{j_3}^n \right) \cdot \left[\frac{1}{2} \sin^2 \theta_{j_3}^k - \frac{1}{2} \cos^2 \theta_0 - \sin \varphi \cdot \left(\sin \theta_{j_3}^k + \cos \theta_0 \right) \right] \right\} \quad (21)$$

Заключение. Разработана в замкнутом виде методика расчёта бесшарнирных арок постоянной жёсткости: кругового очертания при статическом действии радиально направленных равномерно распределённых ветровых нагрузок. Методика реализована в программе, составленной в среде MathCad.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07–85 / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 48 с.
2. Строительная механика: учебное пособие / А.А. Борисевич, Е.М. Сидорович, В.И. Игнатюк. – Мн.: БНТУ, 2009. – 756 с.
3. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Расчётно-теоретический: в 2 кн. / Под ред. А.А. Уманского. – М.: Стройиздат, 1972. – Кн. 2. – 600 с.

УДК 624.014.2

Седляр Т.Н.

*Научный руководитель: к.т.н., профессор Малиновский В.Н.,
к.т.н., доцент Шалобыта Н.Н.*

ВЛИЯНИЕ ОГНЕВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И ПОСТ-НАПРЯЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Введение. Железобетонные конструкции, удовлетворяющие условиям безопасной эксплуатационной пригодности в обычных условиях не всегда удовлетворяют этим требованиям в особых условиях. На современном этапе актуальным становится исследование работы железобетонных конструкций при огневом воздействии. Такая ситуация реально возможна является при пожаре.

Объект исследования.

Для определения сопротивления железобетонных конструкций огневому воздействию для каждого конкретного случая очевидно необходимо знать следующее: силу пожара, измеряемую температурой огневого воздействия; распространение пожара; продолжительность пожара; вид сгораемых материалов (хлоридное заражение при сгорании поливинилхлоридных материалов); габаритные размеры строительного сооружения, статическую определенность системы (статически определяемая или неопределяемая); вид бетона (качество бетона, заполнителей); вид арматуры (состояние, марка стали) [1].

Рассмотрим воздействия этих факторов в отдельности.

Сила пожара. Температуры во время пожара зависят от пожарной нагрузки, т. е. от вида и количества сгораемых материалов в зоне действия пожара (пораженная пожаром часть здания), от доступа кислорода (вентиляции), а также от условий теплоотвода. Возникающие температуры при пожаре могут достигать 1000°C и более.

Распространение пожара. Размеры охваченных пожаром территорий оказывают существенное влияние на состояние железобетонной конструкции. При многочисленных очагах возгорания образуется центр пожара с наибольшей температурой, а окружающие его участки не так сильно подвержены огню. При образовании ограниченного центра пожара возникают высокие напряжения в строительных элементах, находящихся непосредственно в зоне центра, а другие конструкции нагреваются незначительно и в большинстве случаев способны воспринимать возникающие в них усилия от внешних воздействий. Однако со временем пожар может нагреть более обширные территории, и тогда возникшие из-за температурных удлинений усилия часто бывают уже не в состоянии воспринимать нагрузки. В результате происходят сильные разрушения зачастую далеко от очага пожара и даже в слабо нагруженных местах конструкции.

Продолжительность пожара. Объем разрушения зависит и от времени, в течение которого повышенная температура воздействует на конструкцию. С увеличением продолжительности пожара конструкция постепенно нагревается, и при длительном воздействии огня ставший более хрупким бетонный защитный слой отслаивается и облегчает доступ огневого воздействия в более глубокие слои конструкции, что особенно опасно по отношению к арматуре.

Вид сгораемых материалов.

Бетон. При температуре более 300°C начинает распадаться содержащийся в цементном камне гидрат окиси кальция, снижение прочности на сжатие поначалу незначительно, но затем сильно возрастает при повышении температуры свыше 400°C, а при температурах свыше 500°C распадается порода заполнителя (кварц разрывается бла-

годаря содержащейся в кристалле воде; известняк сгорает и распадается при гашении пожара). Снижение несущей способности конструкции, как правило, остается в допустимых границах, так как обусловленное температурным воздействием понижение прочности бетона происходит лишь в слоях, которые непосредственно подвержены воздействию высокой температуры.

Сталь. Уже при относительно низких температурах сталь начинает удлиняться, и это происходит тем интенсивнее, чем меньше слой бетонного покрытия. Из-за значительных касательных напряжений в результате удлинения стали по контакту арматура – бетон происходит отслоение бетонного защитного слоя и прежде всего в угловых зонах строительной конструкции. При температуре 500°C сталь достигает предела текучести (зависит от марки стали) и больше не может воспринимать увеличение внешней нагрузки. Если от воздействия пожарной температуры предел текучести стали будет опускаться ниже имеющихся в стали напряжений, то несущая способность конструкции исчерпается, и она будет разрушена.

Размеры конструкций и статическая определимость системы. Можно утверждать, что чем ажурнее конструктивные элементы конструкции или здания в целом, тем более подвержены они разрушениям.

Значительно сложнее выявить общую закономерность влияния статической системы строительной конструкции на состояние здания в условиях пожара. Статически определимые системы, как правило, гораздо лучше воспринимают деформации, вызванные сильным нагревом конструкции. Чаще всего они разрушаются лишь тогда, когда арматура, работающая на растяжение, нагрелась до такой степени, что предел текучести стали оказывается ниже действующих в ней напряжений, или же деформации настолько велики, что опорные части конструкции уже не в состоянии воспринимать возникающих значительных усилий.

В статически неопределимых системах при пожаре наряду с напряжениями от внешней нагрузки, величина которых зависит от поперечного сечения конструкции, возникают в большей или меньшей мере дополнительные температурные напряжения, приводящие к сильному разрушению конструкции. В то же время благодаря возможному перераспределению усилий между наиболее загруженными и не полностью загруженными сечениями в этих системах имеется некоторый резерв несущей способности.

Вид бетона и заполнителей. Огнестойкость бетона в гораздо меньшей степени зависит от его прочности на сжатие, чем от состава заполнителей и содержания в них влаги. Коэффициент расширения минеральных заполнителей зависит от температуры и с ее повышением увеличивается. При достижении предельной для каждого минерала температуры объем его сильно увеличивается. Вообще качественные изменения минералов происходят в довольно широких пределах температур: кварцевых пород при высоких температурах, известняков – при самых низких температурах.

Однако известняковые породы при повышении температуры сначала становятся прочнее, кварцевые породы при температуре 500°C теряют свою прочность мгновенно. Можно сделать заключение, что бетон на основе известняковых заполнителей лучше противостоит огню, нежели бетон на основе кварцевой породы.

Вид арматуры. Выход из строя железобетонных конструкций под воздействием пожара происходит главным образом в результате снижения предела текучести стали на растяжение. Критическая температура, т. е. температура, при которой предел текучести стали становится ниже имеющихся в арматурной стали напряжений, зависит от класса стали.

Однако даже если арматурная сталь конструкции во время пожара хорошо воспринимает действующие нагрузки, то в результате сильного нагрева отдельных элементов

конструкции в течение длительного времени возможно снижение прочностных качеств стали и тем самым снижение запаса прочности всей конструкции.

Вообще обычные стали лучше противостоят воздействию пожара, чем высокопрочные холоднотянутые стали, которые при сильном нагреве быстро теряют прочностные качества. Стали, применяемые главным образом в железобетонных конструкциях, при очень быстром нагреве и последующем охлаждении существенно теряют свою прочность, и, если в расчетах было принято наибольшее значение прочности стали, это может привести к аварийной ситуации.

Особое внимание в статье хотелось бы обратить на то, как будут вести себя пост-напряженные конструкции при огневом воздействии. Но для начала необходимо дать определение этим конструкциям. В переводе с английского *post-tensioning* – это предварительное напряжение железобетонных элементов с натяжением арматуры на бетон, в построечных условиях. Принято считать, что впервые технология пост-напряжения железобетона была использована во Франции при строительстве фундаментов терминала морского флота – автор идеи французский инженер-строитель – Eugene Freyssinet. Его считают основателем технологии пост-напряжения железобетона, а также одним из основателей технологии предварительного напряжения железобетона.

Суть технологии предварительного напряжения с натяжением на бетон в построечных условиях (пост-напряжение) заключается в том, что напрягаемая арматура натягивается после бетонирования и набора бетоном достаточной прочности. В результате напрягаемая арматура обжимает бетон, и тем самым повышается эксплуатационная пригодность конструкции в течение всего срока службы сооружения.

У железобетонных пост-напряженных конструкций с целью создания возможности натяжения арматуры уменьшают сцепления арматуры с бетоном. Для этого при его твердении применяются канаты в специальной пластиковой оболочке со смазкой между металлом и пластиком. Одной из важных особенностей данных конструкций при огневом воздействии является то, что пластиковая оболочка канатов начинает плавиться уже при температуре около 200° С, а релаксация напряжений в канатной арматуре – около 350° С. В пост-напряженных конструкциях при воздействии огня происходит комплексное изменение как прочности бетона, так и преднапряженной арматуры, их модуля упругости, релаксации, расширения, теплопроводности, ползучести и затрагивает все этапы, на которых происходит изменение сопротивляемости железобетонных конструкций при повышении температуры. Данные об этих изменениях, как в бетоне, так и в арматуре, особенно важны для обеспечения несущей способности конструкций, подвергающихся огневому воздействию, и должны быть учтены при разработке методик расчета.

По сравнению с расчетом на обычное температурное воздействие эксплуатационная пригодность пост-напряженных конструкций (существующих или модернизированных), подверженных воздействиям пожара, значительно отличается. И в первую очередь это связано с особенностями снижения их несущей способности.

Европейские и американские нормы [2,3] используют для оценки обеспечения безопасности при огневом воздействии на железобетонные конструкции условие, что

$$\frac{R_{\text{Fire}}}{U_{\text{Fire}}} \geq 1,$$

где R_{Fire} – несущая способность после воздействия пожара (расчетная нагрузка);

U_{Fire} – минимальная несущая способность при всех факторах.

Несущая способность после воздействия пожара (R_{Fire}) рассчитывается с учетом средних значений прочностных характеристик материала, которые прогнозируются ис-

ходя из максимальной ожидаемой температуры в случае пожара и заданной продолжительности пожара.

В нормах для проектирования по степени пожарной опасности обычно указывается нагрузка (в случае пожара UFire) ниже, чем те, которые используются в проекте для нормальных температурных условий. Например, постоянная нагрузка (DL) и переменная нагрузка (LL) факторов пожара нормы ASCE и Еврокод предоставляют следующие:

1.2DL + 0.5LL (ASCE, 1995),

1.0DL + 0.9LL (ECI, 1994).

Близкие значения несущей способности после воздействия пожара установлены и в других нормах по проектированию. Хотя такой подход оценивает меньшие предельные усилия, но он считается адекватным. Оценки эксплуатационных нагрузок при нормальных условиях эксплуатации показали, что большинство зданий отвечают требованиям условий (DL + LL) / (UFire) коэффициент 0,5 или меньше [6].

Выводы

В настоящее время широко внедряются пост-напряженные железобетонные конструкции. Учет влияния температуры на такие конструкции практически не исследовался. Данное обстоятельство свидетельствует о необходимости более полного обследования влияния факторов огневого воздействия на несущую способность пост-напряженных железобетонных конструкций.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Руйфферт, Г. Дефекты бетонных конструкций / Под ред. В.Б. Семенова. – Москва, 1987. – 111 с.
2. Guide for Determining the Fire Endurance of Concrete Elements: ACI 216R-89. American Concrete Institute, Farmington Hills. – Michigan.
3. ECI 1994, Eurocode 1: Basis of Design and Design Actions on Structures, Part 2-2: Actions of Structures Exposed to Fire, European Committee for Standardization. – Brussels, Belgium.
4. Buchanan, A. H. Fire Engineering Design Guide, Center for Advanced Engineering, / University of Canterbury. – New Zealand, 2001 (editor).
5. Buchanan, A. H. Structural Design for Fire Safety, John Wiley and Sons, LTD. – 2001.
6. Kumahara, S. Tensile Strength of Continuous Fiber Bar Under High Temperature, International Symposium on Fiber-Reinforced-Plastic Reinforcement for Concrete Structures, SP-138 / S. Kumahara, Y. Masuda, Y. Tanano; American Concrete Institute, Farmington Hills. – Michigan, 1993.

УДК 692.232

Седляр Ю.А.

Научный руководитель: профессор, к.т.н. Черноуван В.Н.

НАРУЖНОЕ СТЕНОВОЕ ОГРАЖДЕНИЕ «ТЕРМИЧЕСКИЙ ЭКРАН»

Введение. Как показывает практика, сегодня более 40% сметной стоимости общестроительных работ надземной части («коробки») жилых зданий приходится на несущие наружные стены. Высокий удельный вес материальных затрат на возведение 1м² наружных стен обусловлен, в первую очередь, эксплуатационными требованиями, предъявляемыми к ограждающим конструкциям зданий и сооружений:

- теплотехнические характеристики [1];
- обеспечение допустимых уровней проникновения воздушного шума, соответствующих категории «А» для жилых комнат квартир [2].

Очевидно, что базой решения проблемы по обеспечению требуемых (нормируемых) характеристик наружного стенового ограждения на весь период эксплуатации зданий и

сооружений является эффективность заложенного в проект конструктивного решения наружного стенового ограждения.

Анализ конструктивных решений несущего наружного стенового ограждения из штучных материалов, применяемых для массового строительства жилых многоэтажных зданий.

С увеличением в 2009 году нормативного сопротивления теплопередаче наружных стен жилых и общественных зданий в 1,6 раза до $3,2 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ [1] в Республике Беларусь сформировались следующие направления модернизации конструктивного решения наружного стенового ограждения:

1) однослойная кладка стен из технологичных штучных материалов с высокими теплотехническими характеристиками: блоки керамические поризованные пустотелые (СТБ-1719-2007) и блоки ячеистого бетона (СТБ1117-98);

2) многослойная кирпичная кладка стен с плитным утеплителем, закрепленным гибкими связями из стеклопластика.

С учетом накопленного опыта массового возведения жилых зданий с наружными несущими стенами способом однослойной и многослойной утепленной кладки проанализируем основные технологические и эксплуатационные характеристики таких стен.

Однослойная кладка стен из технологичных штучных материалов с высокими теплотехническими характеристиками.

На сегодня основной объем наружных стен в жилых домах выполняется из блоков ячеистого бетона. Выполненные поверочные теплотехнические расчеты показали, что минимальная толщина наружной стены из блоков ячеистого бетона, удовлетворяющая R_{tr} [1], должна быть не менее:

$$-\gamma = 700 \text{ кг/м}^3 - 730 \text{ мм};$$

$$-\gamma = 500 \text{ кг/м}^3 - 480 \text{ мм};$$

$$-\gamma = 600 \text{ кг/м}^3 - 570 \text{ мм};$$

$$-\gamma = 400 \text{ кг/м}^3 - 400 \text{ мм}.$$

Следует отметить, что для обеспечения требуемых теплотехнических характеристик наружного стенового ограждения необходимо кладку стен из блоков ячеистого бетона выполнять на клеевом растворе сухих смесей (ГОСТ 28013). Кроме того, необходимо обеспечивать влажность строительных материалов в процессе эксплуатации зданий и сооружений в пределах 4...5%, что при пористой структуре стеновых блоков и климатических условиях Республики Беларусь практически не реально.

В последние 3...4 года увеличились объемы строительства жилых зданий с использованием для кладки наружных стен блоков керамических поризованных пустотелых (СТБ-1719-2007). Выполненные теплотехнические расчеты показали, что кладка стен из блоков керамических поризованных пустотелых марки 9NF с размерами $510 \times 250 \times 138 \text{ мм}$ позволяет обеспечить $R_{tr} = 3,2 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ [1].

Отсутствие вертикальных стыковых швов между блоками, а также то, что по объему кладки блок керамический поризованный пустотелый равен примерно 8 кирпичам обычного формата или 11 утолщенным кирпичам позволяет снизить трудоемкость кладки как минимум в 3...5 раз.

Однако физико-механические показатели блоков керамических поризованных пустотелых (СТБ-1719-2007) позволяют возводить несущие конструкции зданий малой и средней этажности (до 5 этажей включительно).

Многослойная кирпичная кладка стен толщиной 640 мм с утеплением плитным утеплителем и воздушной прослойкой 40 мм со стеклопластиковыми связями была основным конструктивным решением несущих наружных стен, массово применяемым при строительстве жилых зданий до 9 этажей включительно до введения Изменения №1 [1].

Выполненные теплотехнические расчеты показали, что для выполнения требований [1] толщина конструкции многослойной кладки должна быть не менее 690 мм. Учитывая, что максимальная ширина выпускаемых сборных блоков стен фундамента 600 мм, необходимо на стройплощадке выполнять работы по уширению обреза фундамента. Ввиду того, что термическое сопротивление теплопередаче монолитных противопожарных поясов из керамзитобетона $2,5 \text{ м}^2 \text{ ОС/Вт}$, что почти в 1,3 раза меньше $R_{тр} = 3,2 \text{ м}^2 \text{ ОС/Вт}$ [1], использование в качестве тепловой изоляции кладки дешевых плит пенополистирольных типа ПСБС-25 (ГОСТ 15558) становится невозможным.

Следует отметить, что возведение многослойной кирпичной кладки является практически ручным технологическим процессом:

- работы по кладке ведет звено в составе шести каменщиков;
- затраты труда на 1 м^3 конструкции стены – 7,4 чел.- час.

Анализ конструктивного решения многослойной кирпичной кладки позволяет сделать вывод о ее низкой эксплуатационной эффективности. Наличие постоянно вентилируемой воздушной прослойки толщиной 40...50 мм между слоем плитного утеплителя и наружной верстой кладки приводит к существенному перерасходу лицевого кирпича (64 кирпича на 1 м^3 кладки), так как материал наружной версты не учитывается при теплотехническом расчете стенового ограждения.

Выполненные натурные исследования технического состояния многослойной кирпичной кладки, эксплуатирующей около 12 лет, показали, что при деформациях стен (осадке фундаментов) имеет место появление зазора в примыкании плитного утеплителя к внутренней версте кирпичной кладки.

Следовательно, такое конструктивное решение многослойной кирпичной кладки с использованием стеклопластиковых анкеров для закрепления плитного утеплителя к внутренней версте кирпичной кладки не обеспечивает эксплуатационные (теплотехнические) характеристики в случае деформации рядов кладки.

Анализ технологических процессов по возведению рассмотренных выше конструктивных решений наружного стенового ограждения, эффективности их эксплуатационных характеристик, а также выполненные научные исследования [2...5] позволили разработать конструкцию наружного несущего ограждения «Термический экран».

Конструктивное решение наружного несущего ограждения «Термический экран».

Отличительной особенностью предлагаемого конструктивного решения наружного несущего стенового ограждения от рассмотренных выше является четкое разграничение функций между несущими (кирпичная кладка) и ограждающими («Термический экран») слоями (рис. 1).

Несущим слоем конструкции является кирпичная кладка толщиной 250 мм, предназначенная для опирания сборных железобетонных плит перекрытия (покрытия), восприятия и передачи нагрузок на обрез фундаментов. Для навески конструктивного элемента «Термический экран» в швы кладки, при ее устройстве, устанавливаются стеклопластиковые анкеры-кронштейны.

Ограждающие функции: обеспечение $R_{тр}$ [1] и защиту кирпичной кладки несущего слоя от атмосферного увлажнения обеспечивает навешиваемый на стеклопластиковые анкеры-кронштейны «Термический экран».

«Термический экран» представляет собой конструктивный элемент, изготовленный в заводских условиях из негорючих минераловатных плит «Фасад 15», выпускаемых ОАО «Гомельстройматериалы», с нанесенным на них декоративно-защитным слоем.

Требуемая толщина теплоизоляционного слоя из минераловатных плит «Фасад 15» – 140 мм.

Для снижения трудоемкости технологического процесса по навеске термического экрана на стеклопластиковые анкеры-кронштейны рекомендуется монтаж вести блоками, т.е. предварительно соединить отдельные минераловатные плиты «Фасад 15» между собой в заводских условиях. Исходя из геометрических размеров выпускаемых плит «Фасад 15» 1000×600 мм, целесообразно монтаж вести блоками размером 2000×1200 мм.

На сегодня разработана технологичная конструкция стыка соединения отдельных минераловатных плит в блоки. Проведенные лабораторные исследования показали высокие эксплуатационные характеристики разработанной конструкции стыка на штырях [3].



Рисунок 1 – Конструктивное решение наружного стенового ограждения «Термический экран»

Соединение (стык) между уже смонтированными и монтируемыми блоками «Термический экран» во избежание появления «мостиков холода» рекомендуется выполнять типа «фолдинг».

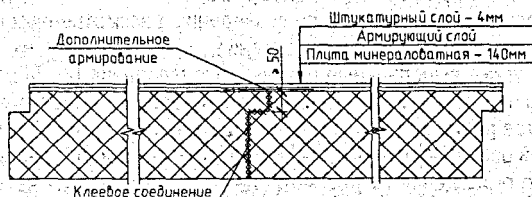


Рисунок 2 – Конструктивное решение стыка типа «фолдинг»

Заключение

По итогам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Рациональная область применения предлагаемого конструктивного решения наружного стенового ограждения «Термический экран» – замена многослойной кирпичной кладки наружных стен с утеплением полистиролом толщиной 100 мм и воздушной прослойкой со стеклопластиковыми связями.

Основными преимуществами предлагаемой конструкции являются:

1) снижение материалоемкости в 2 раза за счет перехода на толщину стены 250 мм вместо 510 мм;

2) уменьшение трудоемкости работ за счет:

- снижения количества технологических процессов, выполняемых на строительной площадке (закрепление плитного утеплителя стеклопластиковыми связями; возведение кладки наружного облицовочного слоя);

- применение блоков теплоизоляционного слоя с нанесенным на него декоративно-защитным слоем заводского изготовления позволяет перевести технологический процесс более чем на 50% в монтажный, со всеми вытекающими из этого преимуществами.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Изменение №1 ТКП 45-2.04-43-2006(02250). Утверждено и введено в действие приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 29 декабря 2008г. № 484.
2. Черноиван, В.Н. К оценке влияния атмосферных воздействий на эксплуатационные характеристики плитных теплоизоляционных материалов / В.Н. Черноиван, Н.В. Черноиван // Вестник БрГТУ. – 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 БрГТУ. – 2008. – №1 (49): Строительство и архитектура. – С. 116 – 120.
4. Черноиван, Н.В. Оценка влияния атмосферных воздействий на теплотехнические характеристики минераловатных плит «Белтел» / 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.

УДК 528.422.001.57

Сивуда Е.С., Денисюк М.Н.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Кандыбо С.Н.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА SRTM

Цифровая модель рельефа (ЦМР) представляет собой математическое описание земной поверхности с помощью совокупности расположенных на ней точек, связей между ними, а также метода определения высот произвольных точек, принадлежащих области моделирования, по их плановым координатам. Цифровые модели рельефа могут с успехом использоваться в различных гидрологических и гидрометрических расчетах для выполнения следующих операций: быстрого получения информации о морфометрических показателях рельефа (высота, угол наклона, экспозиция склона) в любой точке модели, анализа крутизны и экспозиций склонов, генерации сети тальвегов и водоразделов; расчёта площадей водосбора; расчёта уровней и площадей затопления, моделирования и анализа речных стоков, построение профилей поперечного сечения рельефа и других операций. На стадии инженерных изысканий для трехмерного проектирования объектов водоснабжения и мелиорации также используют цифровую модель местности (ЦММ), включающая в себя математическое представление поверхности (ЦМР) и объектов на местности (ЦМС – цифровая модель ситуации). Методы создания, представления и требования к точности цифровой модели рельефа определяются поставленной задачей.

Данные радарных съемок могут выступать в качестве альтернативы топографической съемки по традиционной методике. В настоящее время общедоступной является информация о цифровой модели Земли [6], полученная в результате радарной топографической съемки с детальностью до 30 м. Модель SRTM (Shuttle radar topographic mission) создана по данным радарной интерферометрической съемки земной поверхности радиолокационным комплексом на базе SIR-C/X-SAR, установленным на борту КА Shuttle Endeavour в двух диапазонах длин волн С (5,6 см) и Х (3,1 см). Данные SRTM существуют в нескольких версиях: предварительные (версия 1, 2003 г) и окончательная (версия 2, февраль 2005 г). Окончательная версия прошла дополнительную обработку, выделение береговых линий и водных объектов, фильтрацию ошибочных значений. Данные рас-

пространяются в нескольких вариантах – сетка с размером ячейки 1 угловая секунда и 3 угловые секунды. Более точные односекундные данные (SRTM1) доступны на территорию США; на остальную поверхность Земли доступны только трехсекундные данные (SRTM3). Файлы данных представляют собой матрицу из 1201x1201 (или 3601x3601 для односекундной версии) значений, которая может быть импортирована в различные программы построения карт и геоинформационные системы. Анализ точности матрицы высот SRTM проводился учеными разных стран мира [2, 3]. По оценкам А.К. Корвзула и И. Эвиака [5] высоты SRTM имеют ошибку, которая для равнинной местности в среднем составляет 2,9 м, а для холмистой – 5,4 м. Причем значительная часть этих ошибок включает систематическую составляющую. Согласно их выводам, матрица высот SRTM подходит для построения горизонталей на топографических картах масштаба 1:50 000 и мельче, а также может использоваться при создании ортофотопланов по космическим снимкам высокого разрешения.

Следует отметить, радиолокационные комплексы измеряют высоту отражающей, а не топографической поверхности: в зеленых районах – высоту деревьев, на заснеженной территории – высоту снежного покрова, а на застроенных территориях – высоту некой осредненной поверхности, которая достаточно неопределенна, так как зависит от большого числа факторов. Поэтому выполнять корректную оценку точности модели SRTM можно только на открытых незастроенных территориях, не покрытых кустарниковой и древесной растительностью, и при условии, что толщина снежного покрова на этих участках в период съемки достаточно мала, чтобы ею можно было пренебречь.

В работе использовалась цифровая модель местности SRTM размером 5x5 градуса по широте и долготе с шагом сетки 3x3 секунды дуги. В качестве исходного картографического материала использовали: фрагмент локальной ЗИС учебного полигона БГСХА, ЦМР полученную в результате оцифровки топографической карты масштаба 1:10000 с высотой сечения 2,5 м и уточненную по материалам топографических съемок масштаба 1:2000 с высотой сечения 1 м, а также данные о координатах и высотах пунктов учебного полигона БГСХА.

Для тестирования был выбран участок на территории полигона размером 3000x3000 м. Характер рельефа местности на исследуемой территории преимущественно плоскоравнинный с преобладающими углами наклона существенно меньше 1°, однако на склонах оврагов углы наклона земной составляют более 5°. Общий перепад высот составил 32 м от минимальной отметки 181 м до максимальной 213 м. Постройки (ремонтные мастерские, животноводческая ферма) находились на равнинной местности и занимали примерно 5% территории. Исходная модель рельефа SRTM размером 5x5 градуса по широте и долготе и расположение объекта исследования показаны на рис. 1.

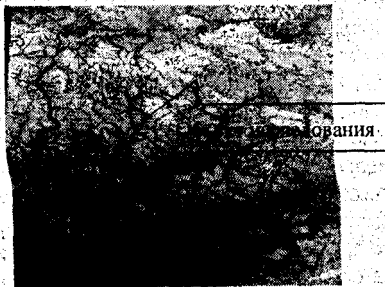


Рисунок 1 – Исходная модель рельефа SRTM и расположение объекта (окно программы ENVI)

Разности высот топографической поверхности и модели SRTM можно вычислить двумя способами: интерполированием высот поверхности SRTM в заданных точках топографической поверхности с известными отметками; интерполированием высот топографической поверхности по горизонталям в узлах сетки матрицы высот SRTM.

Так как для исследуемой территории имелась ЦМР, созданная путем оцифровки топографических карт, в работе был использован второй подход. Для построения цифровой модели рельефа по данным SRTM можно использовать различные программные продукты, например, ГИС ArcGIS, ГИС ArcView, ENVI, Surfer и др. Цифровая модель рельефа по данным SRTM была построена в программном комплексе ENVI. Затем на исследуемую территорию была вырезана матрица SRTM и экспортирована в формат ASCII.

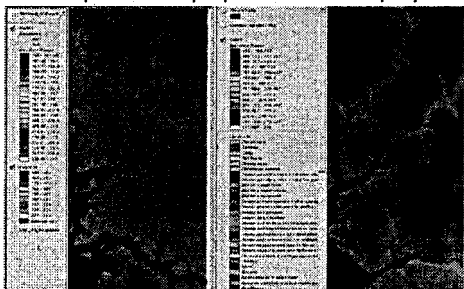


Рисунок 2 – Фрагмент цифровой модели рельефа в ГИС ArcView: правое окно – модель SRTM; левое окно – ЦМР, созданной путем оцифровки топографических карт

Преобразование из системы координат WGS-84 в местную систему координат и нормальную систему высот выполнялось в программе Трансфор (рис.3)

Рисунок 3 – Преобразование из системы координат WGS-84 в местную систему координат

Дальнейшая статистическая обработка данных выполнялась в программе Excel.

Разности высот модели STRM H_{STRM} и топографической поверхности H_T рассматривались как сумма систематической ошибки Δ_h и случайной ошибки δ_h и вычислялись по формуле:

$$\Delta H = H_{STRM} - H_T \quad (1)$$

В качестве показателей точности модели были приняты следующие параметры:

- среднее значение разности высот (систематическая ошибка)

$$\bar{\Delta H} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta H_i \quad (2)$$

- средняя квадратическая ошибка (Root Mean Square Error)

$$RMSE_{\Delta H} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta H_i^2} \quad (3)$$

- средняя абсолютная ошибка (Mean Absolute Error)

$$MAE_{\Delta H} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta H_i| \quad (4)$$

- минимальное ΔH_{\min} и максимальное значения разностей высот ΔH_{\max}

После исключения систематической ошибки $\Delta h_i = \Delta H_i - \bar{\Delta H}$ из результатов измерений вычислялась стандартная средняя квадратическая ошибка $\sigma_{\Delta h}$ и средняя абсолютная ошибка

$$\sigma_{\Delta h} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \Delta h_i^2} \quad (5) \quad \theta_{\Delta h} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n |\Delta h_i|} \quad (6)$$

Показатели точности высотной составляющей модели SRTM по результатам статистической обработки приведены в таблице 1.

Таблица 1

Число точек, n	1980	Минимальное значение разности ΔH_{\min} , м	-5,13
Среднее значение разности высот $\bar{\Delta H}$, м	-0,95	Максимальное значение разностей ΔH_{\max} , м	5,45
Средняя квадратическая ошибка $RMS_{\Delta H}$, м	1,40	Стандартная средняя квадратическая ошибка $\sigma_{\Delta h}$, м	1,03
Средняя абсолютная ошибка $MAE_{\Delta H}$, м	1,12	Средняя абсолютная ошибка $\theta_{\Delta h}$, м	0,82

Заключение. Средняя абсолютная ошибка модели SRTM после исключения систематической ошибки в нашем случае составила 0,82 м. Согласно инструкции [4], средние погрешности съемки рельефа относительно ближайших точек геодезического обоснования не должны превышать 1/3- 1/4 принятой высоты сечения рельефа горизонталями. Таким образом, результаты выполненных исследований точности высоты модели SRTM для конкретной территории позволяют сделать вывод о возможности использования этой модели для построения горизонталей с высотой сечения рельефа 5 м на участки открытой местности и малоэтажной застройки территории сельских населенных пунктов. Вопрос применимости радарных высотных данных SRTM в качестве альтернативы стандартным методам построения цифровой модели местности должен решаться в каждом случае индивидуально, в зависимости от поставленной задачи, характеристик рельефа и требуемой точности. Данные SRTM могут применяться для оценки сложности предстоящих топографо-геодезических работ, для обновления топографической основы территорий, где отсутствуют данные детальных топографо-геодезических работ, а также могут при проектировании расположения профилей и других объектов еще до проведения топосъемки.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хромых, В.В. Цифровые модели рельефа: учебное пособие / В.В. Хромых, О.В. Хромых. – Томск: Изд-во «ТМП-Пресс», 2007. – С. 177.
2. Карионов, Ю.И. Оценка точности матрицы высот SRTM / Ю.И. Карионов // Геопрофи – 2010. – №10. – С. 48-51.
3. Оньков, И.В. Оценка точности высот SRTM для целей ортотрансформирования космических снимков высокого разрешения / И.В. Оньков // Геоматика – 2011. – №3. – С. 40-46.
4. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. – М.: Недра, 1982.
5. Karwel, A.K. Estimation of the accuracy of the SRTM terrain model on the area of Poland / A.K. Karwel, I. Ewiak // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – Vol. XXXVII. – Part B7. – Beijing, 2008. – P. 169-172.
6. Официальный сайт USGS (Геологическая съемка США) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.usgs.gov>. – Дата доступа: 20.03.2012.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЯЧЕИСТОГО СТЕКЛА

Проблема теплоизоляции наиболее остро проявляет себя особенно в последнее время при постоянном увеличении цен на энергоносители и росте темпов строительства. Кроме того, за последние 10 лет значительно повысились требования к качеству строительных материалов, в том числе и к теплоизоляции. Это связано в том числе и с желанием заказчиков сократить текущие затраты как на эксплуатацию, так и на ремонт зданий. Все это, а также многочисленные отзывы о негативном опыте применения органической и минераловатной теплоизоляции за период, прошедший с момента принятия нового теплотехнического ТНПА [1] (экологическая и пожарная небезопасность, недолговечность, низкая прочность и пр.) делает высокоприоритетным производство высококачественных и высокоэффективных строительных материалов.

На сегодняшний день, как на мировом, так и на отечественном рынке, представлен широкий ассортимент теплоизоляционных материалов с разнообразными свойствами. Экструдированные пенополистиролы применяются для утепления фундаментов и пола под стяжку, каменные ваты – для утепления фасадов и кровель, стекловаты – для утепления кровель и перекрытий, пенопласты – для утепления фасадов и полов. Однако среди многообразия теплоизоляционных материалов можно выделить ячеистое стекло (пеностекло), отличающееся рядом уникальных особенностей, делающих его многофункциональным материалом, пригодным как для внутренней, так и для внешней тепло- и звукоизоляции зданий, а также для других целей. И хотя использование неорганического стекла имеет многовековую историю, начиная с Древнего Египта и Ассирии, ячеистое стекло на рынке теплоизоляции появилось относительно недавно. Впервые в мире о пеностекле как о строительном материале упомянул в своем докладе академик И.И. Китайгородский на Всесоюзной конференции по стандартизации и производству новых материалов в Москве в 1932 году. Опыт применения бетонных плит с теплоизоляционной прослойкой из пеностекла при строительстве зданий в Канаде в 1946 г. был настолько удачным, что материал сразу же получил всеобщее признание как долговечная изоляция для кровли, перегородок, стен и полов для всех видов построек [2, 3].

По своему химическому составу пеностекло не более чем вспененное силикатное стекло [2, 3], состоящее из расплава высших оксидов кремния, кальция, натрия, алюминия и магния. Состав стекла, %: SiO_2 – 72–73; Al_2O_3 – 0,5–2; CaO – 6–8; MgO 1–4; Na_2O – 15,5–16,5; SO_3 – 0,3–0,5. Для получения теплоизоляционного пеностекла чаще всего применяют стекла, близкие по химическому составу к составам листовых и тарных стекол с повышенным содержанием щелочных оксидов. Для обеспечения заданного химического состава используют следующие сырьевые материалы: кварцевый песок (SiO_2), сода кальцинированная (Na_2CO_3), сульфат натрия (Na_2SO_4), мел (CaCO_3), доломит ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), полевошпатовый материал, порообразователь. Пеностекло не содержит органических соединений. Высшие оксиды не окисляются, не горят и не воспламеняются, соответственно и ячеистое стекло не горит и не воспламеняется (даже в приточном кислороде), является огнестойким (размягчение материала наступает при температурах выше 500°C ; плавление – выше 1500°C), не выделяет газов и паров при нагревании. Пожар не получает распространения сквозь пеностекло, которое образует эффективную преграду огню. Ячеистое стекло чувствительно к резким сменам темпера-

туры, при резком нагревании или охлаждении оно растрескивается. Пеностекло представляет собой материал из замкнутых стеклянных ячеек [2, 3], имеющих сферическую и гексагональную форму. Водопоглощение пеностекла при полном погружении в жидкость не превышает 5% от общего объема материала и обусловлено лишь накоплением влаги в поверхностном слое. Водопоглощение пеностекла независимо от периода полного увлажнения не возрастает с течением времени, что позволяет эксплуатировать данный материал как при максимальной влажности атмосферы и почвы, так и непосредственно в воде. Пеностекло абсолютно устойчиво к химическим реагентам как неорганической, так и органической природы. Активная биологическая среда также не может оказать сколько-нибудь заметного влияния на пеностекло, так как в пеностекле полностью исключена почва для развития любых активных жизненных форм. Структура материала [2, 3] исключает взаимодействие газовой среды ячеек с атмосферой и обуславливает неизменность во времени характеристик материала. То есть во время эксплуатации не происходит изменения таких параметров изделий из пеностекла, как теплопроводность, прочность, стойкость, форма и т.д. Этот материал не дает усадки и не изменяет геометрические размеры с течением времени под действием веса строительных конструкций эксплуатационных нагрузок. На территории бывшего СССР, в том числе в Беларуси, существуют сооружения, кладка которых полностью выполнена из пеностекла. Десятилетия эксплуатации подобных зданий не выявили никаких дефектов, трещин и тому подобной порчи кладки. Все это по причине легкости стен, не испытывающих перегрузок под собственным весом, и высокой прочности материала, которая позволяет не только выдерживать собственный вес, но и удерживать значительный вес кровли. Ячеистое стекло – это самый прочный из эффективных теплоизоляционных материалов. Расчетный предел прочности при сжатии не менее 0,7 МПа [4] без учета 10% деформации, что в разы превышает прочность пенопластов и волокнистых материалов. Ячеистое стекло обладает высокими монтажно-конструкционными свойствами: легко режется, сверлится, клеится, оштукатуривается и т.д. Экологическая и санитарная безопасность пеностекла позволяет осуществлять утепление ограждающих конструкций не только для помещений, в которых необходима повышенная чистота воздуха [2, 5] (здания образовательного и медицинского назначения, спортивные сооружения, музеи, высокотехнологичные производства и т.п.), но и для зданий со специальными санитарно-гигиеническими требованиями (пищевая и фармакологическая промышленность, бани и сауны, бассейны, кафе, рестораны, столовые и т.п.). Присутствие пеностекла в природе не наносит ей никакого вреда. При его изготовлении утилизируется стеклянный бой других производств.

Однако несмотря на высокие технические характеристики и долговечность ячеистого стекла, его нельзя считать широко применяемым теплоизоляционным материалом. В основном это связано со сложной технологией получения ячеистого стекла. В настоящее время основной технологией производства пеностекла является так называемая "порошковая": тонкоизмельченное силикатное стекло (частицы 2-10 мкм) смешивается с газообразователем (обычно – углеродом), получившаяся однородная механическая смесь (шихта) в формах либо на конвейерной ленте поступает в специальную туннельную печь. Для получения теплоизоляционного пеностекла со средней плотностью 160-180 кг/м³ применяют порошки стекла с удельной поверхностью около 6000 см²/г и углеродистые газообразователи с такой же или значительно большей удельной поверхностью: кокс, антрацит, сажу, известняк, мрамор. В результате нагрева до 800 – 900°С частицы стекла размягчаются до вязко-жидкого состояния, а углерод окисляется с образованием газообразных CO₂ и CO, которые и вспенивают стекломассу. Сложность физи-

ко-химических процессов непосредственно при вспенивании, а также строгие требования к процессам фиксации и охлаждения (отжига) готовой пены, делают производство качественного пеностекла технически весьма непростой задачей. Так, например, фиксация усложняется тем, что стеклу не свойственно резкое твердение при охлаждении (подобно кристаллизации при переходе воды в лёд), а фиксация пеностекла может сопровождаться такими "мешающими" процессами, как экзотермические реакции в стеклянном расплаве, спонтанная кристаллизация стекломассы, существенная неоднородность температурного поля во вспененном массиве и т.п. Правильно охладить вспененный блок также не просто – материал обладает крайне низким коэффициентом теплопроводности при известной хрупкости тонких стеклянных ячеек пены. В результате отжиг растягивается на 10–15 часов и накладывает существенные ограничения на высоту (толщину) отжигаемых блоков (допустимая скорость охлаждения обратно пропорциональна квадрату толщины). Сложность технологии обусловило присутствие на мировом рынке теплоизоляционных материалов неорганического происхождения лишь нескольких крупных производителей (США, Китай, Япония, Республика Беларусь). Монополистом в производстве пеностекла является американская компания «Pittsburgh Corning Corp.» (США) с широкой европейской дилерской сетью (Бельгия, Германия, Чехия и др.). Кроме того, термообработка в технологии производства ячеистого стекла связана с потреблением большого количества энергоресурсов. Все это обуславливает достаточно высокую стоимость пеностекла. Цена материала, производимого дочерним предприятием фирмы «Pittsburgh Corning Corp.» в Бельгии, составляет более 450 USD/м³. Цена материала, изготовленного крупнейшим в СНГ производителем пеностекла – Гомельским стеклозаводом (Республика Беларусь) колеблется от 180 до 250 USD/м³ [5]. Именно стоимость материалов чаще всего определяет структуру рынка теплоизоляции, особенно в странах бывшего СССР. Более дешевые пенопласты, минераловатные, стекловолоконные изделия не всегда обеспечивают требуемую долговечность и безопасность зданий и сооружений. Проведенные исследования на стойкость к температурно-влажностным воздействиям [6] фрагментов наружного утепления с использованием в качестве теплоизоляционных материалов образцов из блочного и экструдированного пенополистирола, минераловатных плит и пеностекла показали, что явное снижение теплозащитных качеств фасадных систем происходит достаточно быстро во всех случаях, за исключением пеностекла. Ориентировочный срок службы до капитального ремонта с учетом влияния природных факторов для образцов с теплоизоляцией из пеностекла в 2 раза превышает срок службы фасадных систем с изоляцией из блочного пенополистирола и минераловатных плит, в 4 раза – из экструдированного пенополистирола [6]. По результатам исследований можно сделать вывод, что низкокачественная теплоизоляция с динамично ухудшающимися характеристиками может привести к порче основной несущей конструкции здания (деформации, растрескиванию, отсыреванию и т.п.).

Современное строительство – это и высотное строительство, и уникальные по архитектуре объекты, и сложные технологические системы и т.д. Во всех этих случаях при выборе утеплителя следует помнить, что при возведении некоторых видов конструкций требуется применение высококачественного материала. Пеностекло всегда являлось таким материалом. В Европейском Союзе оно является признанным и одним из самых эффективных теплозащитных строительных материалов. Однако его высокая стоимость и некоторые эксплуатационные характеристики ограничивали его применение в стеновых материалах. Однако современные реалии таковы, что одними из важнейших требо-

ваний к зданиям и сооружениям становится их надежность и долговечность. И здесь пеностекло имеет ярко выраженное преимущество перед другими теплоизоляционными материалами – это долговременный срок эксплуатации, при котором пеностекло абсолютно не изменяет своих физических свойств, и, следовательно, является надежным теплоизолятором. Гарантированный срок эксплуатации пеностекла, произведенного на Гомельском стекольном заводе, более 100 лет. Это подтверждается опытными вскрытиями объектов, теплоизолированных с использованием блоков из пеностекла в середине 1950-х годов. Вскрытия не выявило никаких изменений в структуре данного материала [5]. Кроме того, возрастающая потребность в энергоносителях придает все большую актуальность атомной энергии. Не в последнюю очередь причиной развития производства пеностекла в СССР, США, Бельгии (ЕС) и Японии стала необходимость обеспечения создающейся отрасли атомной энергетики собственным теплозащитным материалом (пеностекло). В настоящий момент пеностекло практически безальтернативно служит основным материалом как в отношении теплозащиты агрегатов и комплекса механизмов самого реактора, паровых и силовых установок, так и при теплозащите сооружений и ограждающих конструкций непосредственно комплекса зданий АЭС. Основными факторами, которые принимаются в расчёт при выборе пеностекла как теплозащитного материала для сооружения АЭС, являются [2, 3, 5]: полнота неорганического состава материала, что исключает образование паров и газов (в том числе и радиоактивных) при нагревании пеностекла до температур в сотни градусов Цельсия; долговечность пеностекла, а также неприхотливость в эксплуатации, когда даже критические режимы не приводят к полному разрушению материала и утратой им своих теплозащитных свойств; устойчивость к воздействию воды и перегретого водяного пара, отсутствие конденсации жидкости внутри материала за счёт герметично закрытых ячеек пеностекла. Закрытопористая структура пеностекла исключает так называемый "фитильный эффект", присутствующий волокнистым неорганическим теплозащитным материалам, когда микропустоты между волокнами могут заполняться веществами, образующимися при эксплуатации АЭС. Помимо этого, специальные виды пеностекла способны активно препятствовать проникновению радиации за счёт содержания химических присадок. В случае аварийных и внештатных ситуаций, пеностекло как теплозащитный материал при воздействии высоких температур, связанных с разрушением систем ядерного реактора, не выделяет газы, пары и аэрозоли, которые могут служить причиной значительного по отрицательному воздействию воздушного распространения вторичной радиации на больших пространствах. Наоборот, при воздействии высоких температур пеностекло плавится и переходит в жидкую фазу и "остекловывает" радиоактивную пыль и активно излучающие обломки других материалов и остатки ядерного оборудования. При утилизации пеностекло спекается в единую стекловидную массу [2, 5], наиболее подходящую для захоронения радиоактивных материалов и не подвергающуюся воздействию временных факторов по разрушению и вымыванию (выносу) на поверхность радиоактивных элементов. Более того, при ликвидации и захоронении пеностекла, отработавшего свой срок на ядерном объекте, термическая обработка пеностекла по остекловыванию уменьшает в 16 раз объём подлежащего захоронению материала за счёт термического спекания ячеек в единый кусок стекловидной массы. Все вышеперечисленные факторы и делают пеностекло одним из наиболее подходящих для ядерной промышленности и сооружений атомной энергетики материалом.

Если охарактеризовать место пеностекла на рынке современных строительных материалов, уместно сказать: оно уникально, универсально и обладает неоспоримыми пре-

имуществами перед многими другими теплоизоляторами. Все конструкции, построенные с использованием ячеистого стекла, будут обеспечивать значительное снижение катастрофических последствий при техногенных и природных воздействиях; пожарах, землетрясениях.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-2.04-43-2006 (02250).
2. Демидович, Б.К. Пеностекло / Б.К. Демидович. – Минск: Наука и техника, 1975. – 248 с.
3. Шилл, Ф. Пеностекло / Ф. Шилл. – М., 1965.
4. Тепловая изоляция наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений с использованием материалов из пеностекла. Правила проектирования и устройства: ТКП 45-3.02-71-2007.
5. <http://www.gomelglass.com>
6. <http://www.centre-fasade.ru>

УДК 711.5(476)

Славиковская Д.А.

Научный руководитель: доцент Фоменкова С.Ф.

БЛАГОУСТРОЙСТВО АГРОГОРОДКОВ В БЕЛОРУССИИ

Целью настоящей работы является изучение проблемы благоустройства агрогородков с выделением рекомендаций и путей их дальнейшего развития. В работе проанализирован опыт проектирования, застройки и благоустройства территории сельских населённых мест, рассмотрены основные положения государственной программы и её обоснование и приведена организация благоустройства общественной, селитебной и производственной зон агрогородка.

До XVIII в. крестьяне сами благоустраивали свое жилище. В поселении в целом и своих дворах они устраивали колодцы, мосты, скамейки, ограды и т.п., согласно их жизненной необходимости. С XVIII в. в загородных усадебных комплексах получает развитие садово-парковое искусство. Огромное значение придавалось озеленению улиц, дорог и парков, массовому распространению малых архитектурных форм.

Белорусские традиции отличают интересные планировочные решения дворов деревенской усадьбы, которые сведены к трём основным типам. Для всех типов состав и функциональное назначение строений одинаковы, а различие заключается в особенностях их размещения.

Рассмотрим эти решения:

- веночный двор (постройки размещаются без разрывов);
- веночный двор с периметральной застройкой;
- погонный двор (постройки размещаются по одной или двум сторонам);
- двор с несвязными постройками (обособленное размещение построек).

Рисунок 1 – Типы решения дворов

В последнее десятилетие большое внимание уделяется благоустройству сельских поселений. Согласно Государственной программе возрождения и развития села и Государственной схеме комплексной территориальной организации Республике Беларусь, к 2011 г. в стране сформирована

сеть сельских поселений, по роли в системе расселения разделяющихся на агрогородки (около 1,5 тыс.) и рядовые поселения (более 22 тыс.).

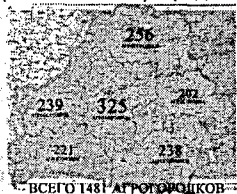


Рисунок 2 – Статистика агрогородков

Благодаря Государственной программе 1481 посёлков стали агрогородками. Они были равномерно распределены по регионам страны: в Брестской области – 221, Витебской – 256, Гомельской – 238, Гродненской – 239, Минской – 325, Могилевской области – 202 населенных пункта нового типа.

Их преобразование основывалось на определённых факторах, где главными являлись наличие развитого общественного центра и устоявшегося промышленного производства. Следует упомянуть и о тех поселениях, которые имеют историко-культурные ценности. Они стали центрами агротуризма.

Агрогородок отличается от рядовых сельских поселений высоким уровнем благоустройства. Для инженерного или коммунального благоустройства это утверждение неоспоримо, а для внешнего (архитектурного) не всегда верно.

В чём же причина невысокого уровня благоустройства агрогородков? В том, что сказывается нехватка финансовых средств, недостаток квалифицированных специалистов по благоустройству в районных центрах и сельсоветах и отсутствие единой нормативно-правовой документации по архитектурному благоустройству сельских поселений, современных методик его проектирования с учетом сложившихся в нашей стране условий. Ещё один важный фактор – степень доступности нормативной документации, которая разрабатывается главными институтами страны и отдельными научными сотрудниками.

Сейчас в Беларуси действует порядка 20 технических нормативных правовых актов, в определённой степени касающихся проектирования благоустройства сельских поселений. В них раскрываются вопросы, в основном относящиеся к инженерному и коммунальному благоустройству. Вопрос архитектурного благоустройства затрагивается обобщённо – нормы проектирования приводятся равнозначные для всех поселений в целом, а не разграничиваются в зависимости от типа поселений.

Сегодня проектировщик разрабатывает внешнее благоустройство, опираясь в большей степени на собственные идеалы и представления о создании необходимого комфорта для сельского жителя.

В СССР попытки научно обосновать благоустройство сельских поселений предпринимались ещё в 1920-х гг.

В 1967 г. в Минске выходит "Справочник по благоустройству и озеленению населенных мест" под редакцией И.Д. Белогорцева.

Это было первое пособие в БССР, которое охватывало все основные на то время вопросы благоустройства населенных мест. Впервые ведомственное благоустройство было разделено на элементы:

- зеленое строительство;
- санитарное благоустройство;
- инженерное оборудование;
- элементы внешнего оформления.

В 1970-х гг. кафедрой сельскохозяйственной архитектуры Львовского сельскохозяйственного института проводились исследования по теме благоустройства сельских поселений, где С.М. Соколов разделил благоустройство на следующие элементы:

- инженерное;
- коммунальное;
- внешнее благоустройство.

Он также затронул проблему внешнего благоустройства сел, разработал методiku его проектирования, типологию по функциональному назначению и ввел понятие "проект комплексного внешнего благоустройства".

Со второй половины 1960-х и до первой половины 1980-х гг. издавалось достаточно много литературы, посвященной архитектуре села.

Большой практический вклад в благоустройство сел Беларуси был сделан БелНИИ-гипросельстроем. В 1980-е гг. издавались каталоги и альбомы малых архитектурных форм и элементов благоустройства.

В конце 1980-х – начале 1990-х гг. в России, Беларуси и Украине издается ряд книг по благоустройству усадеб, в которых приводятся примеры и рекомендации по благоустройству приусадебных участков.

В суверенной Беларуси некоторые вопросы отдельных видов благоустройства сельских поселений затронуты в работах различных авторов, изданы альбомы и каталоги типовых решений по благоустройству городских и сельских поселений.

В 2004 г. на кафедре "Градостроительство" БНТУ проводились научные исследования и разработаны методические рекомендации по проектированию и созданию малых ландшафтно-архитектурных форм в городах и других поселениях Беларуси.

Проектирование, строительство и благоустройство агрогородков станет более эффективным, если изначально будут правильно поставлены следующие задачи:

- планировочное решение поселений должно быть максимально компактным, что послужит гарантией уменьшения затрат на коммуникации и обеспечит высокий уровень их содержания;

- структура зданий должна учитывать возможность внедрения новых технологий по энергосбережению, утилизации хозяйственных и бытовых отходов;

- строительство должно выполняться из недорогих эффективных материалов;

- художественный образ поселения должен быть уникальным, т.к. красивая, гармоничная среда благотворно влияет на человека;

- населенный пункт должен иметь соответствующие транспортные коммуникации.

Выводы:

- необходимо устранить дефицит определенных нормативных показателей, методик и принципов архитектурного благоустройства сельских поселений применительно к современным условиям нашей страны;

- следует провести совершенно новые научные исследования по теме комплексного архитектурного благоустройства сельских поселений, что станет основой дальнейшей работы;

- исследования должны включать разработку номенклатуры и типологии элементов архитектурного благоустройства и малых архитектурных форм, определение их оптимальных характеристик и параметров исходя из наибольшей практичности их эксплуатации и содержания; разработку принципов размещения элементов архитектурного благоустройства и малых форм в увязке с ландшафтом и с учетом современных экономических и социальных условий;

- разработку методов комплексного архитектурного благоустройства сельских поселений (от отдельных планировочных элементов до всей территории поселения в целом) и т.п.

Природный потенциал агрогородков должен быть раскрыт не только в экологической, но и в ландшафтной составляющей. Инстинктивные или традиционные формы освоения ландшафтов в сельской архитектуре Беларуси могут быть созданы через включение природных особенностей (лес, река, рельеф и др.) в планировочные структуры и в то же время в максимальное раскрытие пейзажных видов и акцентов.

Дополнительным рычагом развития становится также нарастающее движение агротуризма, которое позволяет активизировать не только природные факторы, но и культурно-историческую среду агрогородков.

Сохранение нашей самобытности, национальных, культурных традиций белорусского села (его преданий, обычаев, особенностей уклада жизни, искусства местных умельцев-ремесленников, традиций народного зодчества) имеют значимое место в исторической судьбе нашей страны.

Одним из возможных направлений деятельности агротуризма считается восстановление поселений, былых усадеб, в первую очередь тех, которые имеют богатую вековую историю. Они обладают ценным историко-культурным наследием, природными ресурсами, позволяющими развивать их как центры туризма местного уровня. Подобных усадеб, фольварков и имений на территории Беларуси столетие назад было более 8000.

В Беларуси существует возможность расширить диапазон служения наших агрогородков народному хозяйству и национальной культуре в целом за счет поиска новых решений, направленных на развитие агрогородков с историко-культурными ценностями, природными особенностями места и с его духовным наследием.



Рисунок 3 – Сравнение вариантов

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Государственная программа возрождения и развития села на 2005-2010 гг. – Мн.: Беларусь, 2005. – 96 с.
2. Основные направления государственной градостроительной политики РБ на 2007–2010 годы. Государственная схема комплексной территориальной организации Республики Беларусь: утв. Указом Президента Республики Беларусь 12 января 2007 г. № 19. – Мн.: Минстиппроект, 2007. – 120 с.
3. Гурулев, О.К. Традиции и современность в архитектуре села. – М.: Стройиздат, 1982. – 144 с.
4. Справочник по благоустройству и озеленению населенных мест / под общ. ред. И.Н. Рудэнко, А.Е. Кудрявцова, И.Д. Белогорцева. – Мн.: Институт строительства и архитектуры Госстроя БССР, 1967. – 264 с.

УДК 667.637.222:625.75

Станчук В.В., Чечун О.А.

Научный руководитель: доцент Тур Э.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАЗМЕТОЧНОГО ПРОТИВОСКОЛЬЗЯЩЕГО МАТЕРИАЛА

Особую роль в настоящее время в РБ приобретают современные технические средства организации дорожного движения, к которым относятся дорожные знаки, горизонтальная и вертикальная разметка, светофоры и направляющие устройства. Для горизонтальной дорожной разметки городских улиц применяют краски, термопластики, холодные пластики, полимерные ленты, а также световозвращатели, используемые для оптической ориентации водителя, в сочетании с линиями горизонтальной разметки.

В сложнейших условиях устройства и эксплуатации горизонтальной дорожной разметки в крупных городах выбор материалов и технологий для устройства разметки должен осуществляться на основе тщательного анализа, проведения полного комплекса лабораторных испытаний и экспериментальных полевых работ. Только при этом подходе возможно эффективное использование горизонтальной дорожной разметки и повышение безопасности дорожного движения.

В последние годы появились инновационные разработки принципиально новых, перспективных, экологически полноценных акриловых материалов для горизонтальной разметки автомобильных дорог – холодных пластиков химического отверждения, которые являются альтернативой современным органоразбавляемым краскам [1].

В отличие от красок, содержащих органические растворители, пластики отверждаются за счёт протекания химической реакции иницирированной радикальной полимеризации [2]. Холодные пластики изготавливают на основе реакционно-способных акриловых мономеров. Связующее представляет собой 20%-й раствор сополимера бутилакрилата и метилметакрилата в смеси исходных мономеров с добавлением катализатора. В состав высоконаполненной полимерной композиции (компонент А) входят: минеральные наполнители, диоксид титана рутильной формы или другой минеральный пигмент в зависимости от требуемого цвета, а также комплекс функциональных добавок (диспергаторов, смачивателей, пластификаторов) [3]. Компонент В представляет собой инициатор полимеризации, чаще всего – перекись бензоила в виде 50%-го порошка (для снижения пожаро- и взрывоопасности её наносят заводским способом на инертную матрицу) или в виде 25%-й пасты в двухатомных спиртах (пропиленгликоле, бутилгликоле и т.п.) [4].

Пластики после отверждения образуют толстослойное твердое непрозрачное лакокрасочное покрытие, иногда содержащее в составе до 25% световозвращающих стеклошариков.

Авторами был разработан и испытан в лабораторных условиях экологичный материал химического отверждения для горизонтальной разметки автомобильных дорог. Он предназначен для создания цветных противоскользящих покрытий с повышенной шероховатостью (разметки больших площадей асфальтобетона, устройства покрытий специального назначения; разметки остановок общественного транспорта, велосипедных дорожек, периметров перекрёстков, приближения к пешеходным переходам и аварийноопасным участкам, детских площадок, спортивных площадок, прогулочных дорожек рядом с медицинскими учреждениями, санаториями, детскими садами, школами). Комплексное композиционное покрытие состоит из трёх слоёв: нижний и верхний – из пластика химического отверждения, промежуточный – из минерального наполнителя.

В качестве минерального наполнителя использовали бокситную крошку фракционного состава 5-20 мм. Отверждение производили перекисью бензоила в количестве 1,5-2,0% от массы пластика. Рецепт пластика приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Рецепт экологичного противоскользящего пластика

Наименование компонента	Содержание, масс.%
20%-й раствор бутилметакрилового сополимера в смеси мономеров	40,0
Катализатор аминного типа (N,N-диметил-п-толуидин)	0,1
Стабилизатор неокрашивающий (2,4,6-три-трет-бутилфенол)	0,5
Диспергатор (раствор высокомолекулярного блок-сополимера, содержащего аминные группы, в ксилоле)	0,5
Агент реологии (раствор модифицированного карбамида в N-метилпирролидоне)	0,9
Пигмент (красный свинцово-молибдатный крон – изоморфная смесь хромата, сульфата и молибдата свинца)	5,0
Микромарморный наполнитель (карбонат кальция) фракции $\varphi_{ср} = 25$ мкм	53,0

Жизнеспособность холодного акрилового пластика после соединения компонентов А и В, смешение которых производится непосредственно перед нанесением материала на дорожное покрытие, является важной технологической характеристикой. Она должна находиться в определённых пределах, а именно – 20-30 мин. За этот период времени композиция должна быть тщательно перемешана с инициатором полимеризации и нанесена на дорожное полотно. Более длительное «время жизни» неприемлемо, так как при проведении разметочных работ в любое время года движение перекрывают на период времени не более 20-40 мин.

Вследствие протекания в системе каталитической реакции иницированной радикальной полимеризации (катализатор аминного типа – диметил р-толуидин, инициатор – пероксид бензоила) стабильность пластика с инициатором полимеризации ограничена во времени. Жизнеспособность исследуемой сложной гетерогенной системы характеризуется временем до начала резкого нарастания вязкости материала (гелеобразования). Гелеобразование обусловлено протеканием реакции полимеризации и образованием в объеме системы пространственной сетки, приводящее к резкому снижению текучести материала. Образование геля характеризуется не моментом начала гелеобразования, а целым интервалом или областью. На первой стадии происходит возникновение микрогелей, частично сшитых частиц коллоидного размера. На второй стадии начинается формирование сетчатой структуры при объединении микрогелей в единую полимерную матрицу. Визуально гелеобразование пластика наблюдается на второй стадии процесса. Реальный образующийся полимер представляет собой ограниченные по размеру сетчатые агрегаты, звенья макромолекул которых пространственно связаны между собой химическими связями. Сами же агрегаты соединяются не только химическими, но и физическими (ван-дер-ваальсовыми или водородными) связями [5].

Пластик химического отверждения исследовали в лабораторных условиях на соответствие СТБ 1520 «Материалы для горизонтальной разметки автомобильных дорог» [6] стандартными методами [7]. Все работы производили в вытяжном шкафу.

Пластинки – подложки для нанесения пластиков подготавливали согласно стандартным методам [6]. Время отверждения, массовую долю нелетучих веществ, стойкость покрытия к статическому воздействию воды 3%-го водного раствора хлорида натрия, насыщенного водного раствора хлорида натрия определяли на стекле для фотографических пластинок размером 90x120 мм, толщиной (2 ± 1) мм. Эластичность покрытия при изгибе определяли на пластинках прямоугольной формы из алюминиевых лент длиной 100-150 мм, шириной 20-50 мм, толщиной 0,25-0,32 мм. Морозостойкость (количество циклов замораживания-оттаивания) покрытия и адгезию определяли на стандартных цилиндрических образцах-подложках из песчаного асфальтобетона диаметром 71,4 мм.

Для определения времени отверждения пластик наносили в один слой толщиной «мокрой» пленки 300 ± 20 мкм. Для определения эластичности пластик наносили аппликатором или кистью в один слой толщиной отверждённого покрытия 200 – 300 мкм. Для определения стойкости к статическому воздействию воды, 3%-го водного раствора хлорида натрия, насыщенного водного раствора хлорида натрия, морозостойкости пластик наносили в 1 слой толщиной 200–250 мкм на обе стороны пластинки, а также на боковые грани. Продолжительность сушки каждого слоя – 1 ч при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Для определения адгезии пластик заливали в форму согласно [6], а для определения водонасыщения по объёму – в форму, проложенную полиэтиленом и разделенную вкладышами на три равные части.

Толщину измеряли микрометром типа МК 25–1 с погрешностью не более (± 3) мкм. Контроль остальных геометрических параметров производили штангенциркулем. Коли-

чество образцов для испытания каждого показателя – не менее 3. Перед испытаниями образцы с покрытиями выдерживали в течение 24 ч при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности 60–70%.

Плотность определяли без добавления инициатора полимеризации в пластик. За результат принимали среднее арифметическое трёх параллельных измерений, округлённых до $0,1 \text{ г/см}^3$.

Стабильность при хранении определяли ускоренным методом. Образец пластика без инициатора полимеризации помещали в металлическую тару объёмом 0,5 л и плотно закупоривали. Степень заполнения тары составляла около 80% её объёма. Затем образец ставили в термощаф и выдерживали при температуре $(60 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 120 ч. Перед осмотром материал охлаждали до температуры $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 2-3 ч. Аккуратно открывали крышку, осторожно погружали шпатель в ёмкость с пластиком до дна, визуально оценивали наличие расслоения, образования осадка и/или других отклонений по сравнению с контрольным образцом, хранившимся при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 120 ч. Оценку производили в баллах. Критерии оценки состояния материала при визуальном осмотре приведены в таблице 2. Пластик, получивший оценку ниже 3 баллов, считали не выдержавшим испытание.

Таблица 2 – Критерии оценки стабильности при хранении

Баллы	Описание состояния пластика
6	Идеальная композиция. Состояние пластика не изменилось по сравнению с контрольным образцом.
5	Незначительное уменьшение вязкости материала в поверхностном слое, незначительное явление синерезиса (выступление акрилового полимера на поверхности пластика). Отсутствие осадка. Материал легко перемешивается до первоначального состояния.
4	Незначительное явление синерезиса в 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 в цветном пластике, 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.

Время отверждения до степени 5 и массовую долю нелетучих веществ определяли при добавлении инициатора полимеризации в количестве 1,5% от массы пластика. Стойкость покрытия к статическому воздействию воды, 3%-го водного раствора хлорида натрия и насыщенному водному раствору хлорида натрия определяли по [6]. Пластик считался прошедшим испытание, если не обнаружено отслаивания покрытия от подложки, пожелтения и сморщивания поверхности, появления мелких и крупных пузырей. Дефекты, обнаруженные на расстоянии менее 10 мм от края образца, не учитывали. Циклы замораживания-оттаивания проводили с использованием морозильной камеры с рабочей температурой $(-20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Оттаивание осуществляли в 35-м водном растворе хлорида натрия. После завершения испытания образец промывали чистой проточной водой, сушили на воздухе при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 2 ч и производили визуальный осмотр. Поверхность покрытия должна быть однородной, без усадочных трещин, пузырей или отслоений. Адгезию пластика к асфальтобетону определяли методом отрыва. Результаты испытаний приведены в таблице 3.

Комплексное противоскользящее покрытие сочетает в себе твердость, износостойкость, эластичность, морозостойкость, стойкость к воздействию воды и водного раствора

хлорида натрия, устойчивость к воздействию переменных температур (многократный переход через 0°C), высокую адгезию к асфальтобетонному дорожному полотну.

Таблица 3 – Результаты лабораторных испытаний пластика

Наименование показателя	Величина
Плотность, г/см ³	1,7
Стабильность при хранении, баллы	не менее 3
Время отверждения до степени 5 при температуре (20±2)°C	не более 25 мин
Массовая доля нелетучих веществ (с инициатором), %	98
Стойкость покрытия к статическому воздействию воды и 3%-го водного раствора хлорида натрия при t = (20±2)°C, ч	более 100
Стойкость покрытия к статическому воздействию насыщенного водного раствора хлорида натрия при t = (0±2)°C, ч	более 100
Адгезия к асфальтобетону, МПа: - до замораживания-оттаивания - после 10 циклов замораживания-оттаивания	более 0,5 более 0,4
Эластичность покрытия при изгибе, мм	16
Водонасыщение, % по объёму	0,4

Использование холодных пластиков при устройстве горизонтальной дорожной разметки позволяет: увеличить срок службы разметочного покрытия; сэкономить материалы и энергоресурсы; повысить безопасность движения; улучшить экологическую обстановку при проведении разметочных работ за счет отсутствия в составе пластиков органических растворителей.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стойе, Д. Краски, покрытия и растворители / Д. Стойе, В. Фрейтаг, пер. с англ. под ред. Э.Ф. Ицко. – СПб.: Профессия, 2007. – 528 с.
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. Скороходова, О.Н. Неорганические пигменты и их применение в лакокрасочных материалах / О.Н. Скороходова, Е.Е. Казакова. – М.: Пэйнт-Медиа, 2005. – 264 с.
4. 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.
5. Охрименко, И.С. Химия и технология плёнообразующих веществ / И.С. Охрименко, В.В. Верхоланцев. – Л.: Химия, 1978. – 392 с.
6. Материалы для горизонтальной разметки автомобильных дорог. Технические условия: СТБ 1520-2009.
7. Карякина, М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий. – М.: Химия, 1988. – 272 с.

УДК 667.637.222:625.75

Станчук В.В., Чечун О.А.

Научный руководитель: доцент Тур Э.А.

НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ РАЗМЕТОЧНОГО ПРОТИВОСКОЛЬЗЯЩЕГО МАТЕРИАЛА

Для нормального функционирования современного города необходима надежно функционирующая и постоянно развивающаяся транспортная система.

В этих условиях особую роль приобретают современные технические средства организации дорожного движения, к которым относятся дорожные знаки, горизонтальная и вертикальная разметка, светофоры и направляющие устройства.

Особая роль разметки дорог обусловлена следующими причинами:

- сложившейся архитектурно-планировочной схемой основных магистралей и улиц с очень ограниченными возможностями по ее изменению;

- значительно большим (нежели на загородных автомобильных дорогах) количеством транспортных пешеходных потоков, двигающихся по различным, часто пересекающимся направлениям;

- наличием рекламы, витрин и других объектов, параметры которых (яркость, освещенность, меняющаяся информация) резко снижают эффективность применения дорожных знаков, указателей, направляющих устройств.

Требуемая сохранность дорожной разметки по площади определяется периодом, в течение которого на любом контрольном участке протяженностью 50 м разрушение продольной разметки из красок не превышает 50%, а из долговечных материалов не превышает 25% по площади. Для горизонтальной дорожной разметки городских магистралей и улиц применяют краски, термопластики, холодные пластики, полимерные ленты, а также световозвращатели, используемые для оптической ориентации водителя, в сочетании с линиями горизонтальной разметки. Подготовка поверхности дорожного покрытия перед нанесением разметочного материала включает очистку покрытия с использованием специальной техники или вручную. При необходимости должны быть предусмотрены следующие виды работ: текущий ремонт покрытия, заливка трещин, ремонт люков колодцев подземных коммуникаций, находящихся в зоне разметки [1].

Еще одной серьезной проблемой горизонтальной дорожной разметки в городских условиях является ее скользкость, особенно на линиях, обозначающих пешеходные переходы, количество которых в крупных городах составляет десятки тысяч. Поэтому в настоящее время представляет интерес разработка, лабораторные и натурные испытания нового композиционного разметочного материала химического отверждения с эффектом противоскольжения.

Целью данной работы являлось проведение натурных испытаний, а именно – исследование коэффициента сцепления разработанного нового, экологичного (не содержащего органических растворителей) противоскользкого пластика химического отверждения в различных условиях, характеристика данного разметочного материала, исследование особенностей его нанесения.

Традиционно для нанесения на дорожное покрытие в качестве разметки в Беларуси, России, Украине, Казахстане, странах Западной Европы, США и Канаде используются краски на основе органических растворителей. Они достаточно дешевы и просты в производстве, однако обладают рядом существенных недостатков (низкая устойчивость к истиранию, наличие органических растворителей в составе композиции).

Выбросы растворителей в настоящее время (как в процессе производства красок, так и в процессе их высыхания на дорожном покрытии за счет испарения растворителей) представляют собой большую экологическую проблему. В течение последних лет предпринимались попытки применять менее вредные растворители для производства красок дорожной разметки. Но такие растворители очень дороги, и производство становится нерентабельным, так как возрастает себестоимость краски, а функциональная долговечность остается на прежнем уровне. Дальнейшим шагом в решении данной экологической проблемы явилась разработка водно-дисперсионных красок. Однако это производство является непростым с технологической точки зрения, нанесение на дорожное полотно требует изготовления разметочной техники (трубопроводов, различных деталей, вентиляторов, кранов и т.п.) из высококачественной нержавеющей стали. Это значительно увеличивает как расходы по производству технологического оборудования, так и себестоимость разметочных работ [2].

В последние годы появились инновационные разработки новых, перспективных, экологически полноценных акриловых материалов для горизонтальной разметки автомо-

бильных дорог – холодных пластиков химического отверждения, которые являются альтернативой современным органоразбавляемым краскам. После отверждения они образуют толстослойное твердое непрозрачное лакокрасочное покрытие, содержащее в составе до 25% световозвращающих стеклошариков. Преимущество пластиков перед красками состоит в том, что толщина наносимого слоя увеличивается в несколько раз, поэтому срок службы разметки продлевается до нескольких лет. Но технология нанесения и большой расход материала при толщине слоя 2,5-4 мм увеличивает стоимость разметочных работ в 3-4 раза. Таким образом, исходя из высокой функциональной долговечности и стоимости разметочных работ, пластики применяют для разметки автомобильных дорог с высокой интенсивностью движения (выше 10000 автомобилей в сутки в крупных городах и на федеральных магистралях) [3].

Разметка пластиками имеет больший срок службы на асфальтобетонных покрытиях, адгезия с новым цементобетонным покрытием хуже, чем со старым. Разметка из пластиков может повреждаться при снегоочистительных работах из-за её толщины, поэтому применение пластика вместо обычной краски может быть экономически целесообразно только на дорогах с интенсивным движением транспортных средств. Эффективность работы разметки определяется её хорошей видимостью в любое время суток, в любую погоду, независимо от времени года, а также обеспечением необходимого сцепления с колесом автомобиля.

Авторами был разработан и испытан в натуральных условиях экологичный материал химического отверждения для горизонтальной разметки автомобильных дорог. Он предназначен для создания цветных противоскользящих покрытий с повышенной шероховатостью (разметки больших площадей асфальтобетона, устройства покрытий специального назначения; разметки остановок общественного транспорта, велосипедных дорожек, периметров перекрёстков, приближения к пешеходным переходам и аварийно-опасным участкам, детских площадок, спортивных площадок, прогулочных дорожек рядом с медицинскими учреждениями, санаториями, детскими садами, школами).

Комплексное композиционное покрытие состоит из трёх слоёв:

- нижний – из пластика химического отверждения,
- промежуточный – из минерального наполнителя.

В качестве минерального наполнителя использовали бокситную крошку фракционного состава 5-20 мм. Исследовали также двухслойное комплексное покрытие: нижний слой из пластика, верхний – из окрашенной бокситной крошки. Отверждение производили перекисью бензоила в количестве 1,5-2,0% от массы пластика в зависимости от температуры окружающего воздуха и подложки.

Комплексное противоскользящее покрытие было нанесено ручным способом на несколько участков дорожного полотна для определения коэффициента сцепления колеса автомобиля с материалом и с асфальтобетоном.

Разметку производили в сухую погоду по очищенному от пыли и грязи сухому дорожному покрытию при установившейся температуре воздуха и дорожного покрытия не ниже +5 и не выше +30С и относительной влажности воздуха не более 85%. Расход пластика составил 2,5-3,5 кг/м² для нижнего слоя, 1,5-2,5 кг/м² для верхнего слоя. Расход минерального наполнителя (бокситной крошки) при нанесении пластика составил 3,5-6 кг/м².

Через 6 месяцев были произведены замеры при помощи прибора SRT. Прибор состоит из качающегося маятника, снабженного каучуковым башмаком на свободном конце, и воспроизводит поведение автомобиля, снабженного шинами с рифленным протектором, в момент, когда шины блокируются тормозом на скорости 50 км/ч на влажной дороге. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Коэффициент сцепления экологичного противоскользящего материала с условным колесом рассчитывали по формуле (должен быть не менее 0,75 по нормам РБ):

$$K_c = \text{Кразм.} / \text{К асф.}$$

Согласно проведенным натурным испытаниям, величина коэффициента сцепления свежеложенного противоскользящего пластика в среднем в 2 раза выше коэффициента сцепления асфальта. Известно, что повышение коэффициента сцепления в 3 раза приводит к сокращению тормозного пути в 2 раза на мокром покрытии [1]. Расстояние от начала торможения до полной остановки автомобиля (X) складывается из времени реакции водителя (ВР) и тормозного пути (ТП).

По данным Белавтодора, ВР = 18 м; ТП = 55 м при движении со скоростью 90 км/ч по мокрому асфальту, а

$$X_1 = \text{ВР} + \text{ТП} = 18 + 55 = 73 \text{ м.}$$

На противоскользящем покрытии ТП = 30 м, следовательно,

$$X_2 = \text{ВР} + \text{ТП} = 18 + 30 = 48 \text{ м.}$$

Таблица 1 – Коэффициент сцепления через 6 месяцев эксплуатации

Участок замеров	Двухслойное покрытие (пластик-крошка)	Трёхслойное покрытие (пластик-крошка-пластик)
Прямолинейный участок трассы перед поворотом с торможением (далее – поворот на 90° с уклоном вниз), крошку укатывали ручным катком		
Контрольный участок	2,01	2,16
Изношенный участок	0,82	1,58
% износа через 6 месяцев	59,2	26,9
Участок трассы с уклоном вверх перед поворотом на 90°, крошку не укатывали		
Контрольный участок	1,52	2,34
Изношенный участок	1,26	1,82
% износа через 6 месяцев	17,12	22,22

Таким образом, повышение коэффициента сцепления в 2 раза приведёт к сокращению тормозного пути в 1,34 раза на мокром покрытии.

На сложных участках, таких как: повороты с радиусом менее 150 м, участки с уклонами, для обеспечения безопасности требуется более высокий показатель сопротивления скольжению. Это означает, что износ противоскользящего покрытия на таких участках будет выше, чем на иных участках, в том числе участках с уклоном вверх.

Экспериментальные данные подтверждают это утверждение. Так, на участке перед поворотом с уклоном вниз (прекрасный обзор, скорость транспортного средства, вероятно, высокая) износ 2-слойного противоскользящего материала составил 59,2%, 3-слойного – 26,85%, а на участке с уклоном вверх перед поворотом направо (справа лес, худший обзор, водитель заранее снижает скорость) износ 2-слойного материала составил 17,12%, 3-слойного – 22,22%. Таким образом, 2-слойный материал является менее износоустойчивым на более сложном участке дороги, его износ в 2,2 раза выше, чем 3-слойного материала. Очевидно, что для получения большего коэффициента сцепления следует использовать бокситную крошку более крупной фракции и провести дополнительные натурные испытания. Трёхслойный противоскользящий материал показал высокую износоустойчивость, достаточный коэффициент сцепления и хорошую видимость при различных погодных условиях.

Исследовали также, какое количество инициатора полимеризации необходимо добавлять в массу пластика непосредственно перед нанесением в зависимости от температуры окружающей среды. Оно составило от 1,0 до 2,0% на 100% массы пластика. Результаты исследований приведены в таблице 2.

Кроме того, было определено нецелесообразным вводить избыточное количество инициатора полимеризации с целью уменьшить время отверждения материала при низких температурах. Увеличение количества инициатора сверх расчетного нарушает планируемый процесс полимеризации и повышает хрупкость материала, увеличивает водопоглощение, снижает не только адгезию к асфальтобетону, но и срок функциональной долговечности.

Таблица 2 – Зависимость количества инициатора полимеризации от температуры окружающей среды

Температура воздуха, °С	% инициатора (на 100% холодного пластика, по массе)
+ 5	2,0
+ 10	2,0
+ 15	1,5
+ 20	1,5
+ 25	1,5
+ 30	1,0

Для получения высококачественной, долговечной разметки необходимо соблюдение двух основных условий: использование высококачественных материалов и качественное выполнение работ по нанесению разметки на дорожное полотно.

Использование холодных пластиков при устройстве горизонтальной дорожной разметки позволяет: увеличить срок службы разметочного покрытия; сэкономить материалы и энергоресурсы; повысить безопасность движения; улучшить экологическую обстановку при проведении разметочных работ за счет отсутствия в составе пластиков органических растворителей.

В результате натурных испытаний доказано, что величина коэффициента сцепления свежеложенного противоскользящего пластика в среднем в 2 раза выше коэффициента сцепления асфальта. Таким образом, повышение коэффициента сцепления в 2 раза приведет к сокращению тормозного пути в 1,34 раза на мокром покрытии. Противоскользящий материал показал высокую износоустойчивость, достаточный коэффициент сцепления и хорошую видимость при различных погодных условиях.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Европейское руководство по качеству / Под ред. У. Цоррля; пер. с англ. под ред. проф. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэинт-Медиа, 2004. – 578 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. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке; пер. с англ. под ред. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэинт-Медиа, 2004. – 548 с.

УДК 332.74

Хоронжевская А.Ю.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Яромич Н.Н.

АВТОМАТИЗАЦИЯ СБОРА И ОБРАБОТКИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ СРАВНИТЕЛЬНЫМ МЕТОДОМ

Основная идея работы: автоматизация сбора и обработки исходных данных для оценки объектов недвижимости сравнительным методом. Сравнительный метод оценки (метод сравнительного анализа продаж) 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 (п. 10.1 [1]).

При изучении ТКП 52.3.01-2011 для обработки исходных данных 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. Изменение цены (стоимости) объекта недвижимости может определяться с применением индекса СМР (п. 10.13.3 [1]), по следующей формуле

$$K_1 = \frac{I_{СМР}^o}{I_{СМР}^c}, \quad (1)$$

где K_1 – корректирующий коэффициент; $I_{СМР}^c$ – индекс СМР на момент сделки; $I_{СМР}^o$ – индекс СМР на момент оценки.

2. Корректировка на местоположение (п. 10.13.5 [1]) по следующей формуле

$$K_2 = \frac{V_3^o}{V_3^a}, \quad (2)$$

где K_2 – корректирующий коэффициент; V_3^o – кадастровая стоимость земли объекта оценки; V_3^a – кадастровая стоимость земли объекта-аналога.

3. Корректировка на площадь (п. 10.13.6.1 [1]) может определяться по формуле

$$K_3 = \frac{S^o}{S^a}, \quad (3)$$

где K_3 – корректирующий коэффициент; S^o – площадь объекта оценки; S^a – площадь объекта-аналога.

4. 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 Приложениях И (п. 10.13.6.3 [1]), по следующей формуле

$$K_4 = \frac{100 - (I^o - I^a)}{100}, \quad (4)$$

где K_4 – корректирующий коэффициент; I^o – износ объекта оценки; I^a – износ объекта-аналога.

5. Корректировка на физические характеристики по следующему элементу сравнения (п. 10.13.6 [1]): материал стен. При определении корректировки на физические характеристики используем УПВС.

6. Корректировка на физические характеристики по следующему элементу сравнения (п. 10.13.6 [1]): расположение помещений в здании или сооружении. При определении корректировки на физические характеристики используем Приложение Р [1].

7. Корректировка на физические характеристики по следующему элементу сравнения (п. 10.13.6 [1]): отсутствие благоустройства. При определении корректировки на физические характеристики используем Приложение Р [1].

Получаем скорректированную цену объекта оценки по следующей формуле:

$$V_o = V_a \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7, \quad (5)$$

где V_o – скорректированная цена объекта оценки; V_a – цена объекта-аналога на момент сделки; K_i – корректирующий коэффициент.

Проект реализован в среде Microsoft Visual Basic 6. Интерфейс программы представлен на рисунке 1.

Рисунок 1 – Интерфейс программы

Для выполнения поставленной задачи была собрана база объектов-аналогов. Источники: РУП «Брестское агентство по государственной регистрации и земельному кадастру», интернет-сайты www.realt.by, www.brest.irr.by.

Разработанная программа позволяет выбрать вид договора, 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, так же предоставляет статистику о количестве имеющихся в базе сделках купли-продажи и предложениях аренды объектов недвижимости и источники информации. Программа позволяет сохранить полученный результат.

Ввиду того, что в настоящее время очень мало доступной информации о совершаемых сделках с объектами недвижимости и малое количество программ, проводящих корректировку цен объектов недвижимости, то основное направление дальнейшей работы заключается в более глубоком и разностороннем изучении вопроса и усовершенствования программы.

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. <http://www.brest.irr.by>
3. <http://www.realt.by>

КОНСТАНТИН МЕЛЬНИКОВ: ЧЕРЕЗ ПРОШЛОЕ В БУДУЩЕЕ

Целью настоящей работы является расширение знаний по творчеству К. Мельникова, как представителя архитектурного авангарда начала XX века.

Введение. Мельников был одним из первых рабочих-самородков, прорвавших стену элитарности. Советская архитектура не знала более спорной и дискуссионной фигуры, ничье творчество не обсуждалось, не оспаривалось и не отвергалось так горячо, как К.С. Мельникова. Многие из предложенного Мельниковым вошло в арсенал рабочих приёмов советской и мировой архитектуры. Восприятие его творчества утратило полемическую нетерпимость. Главную роль в этом отношении сыграли сами произведения: они выдержали проверку временем. И это коренным образом изменило отношение к созданному Мельниковым: проекты и постройки Мельникова обладают необычайной эмоциональной выразительностью, обновляют и обогащают язык архитектурного искусства и этим новым языком поэтически рассказывают о своём времени, так же, как это каждый раз по-своему делают большие произведения архитектуры всех других эпох.

Основная часть. Во второй половине 20-х годов, когда мастерство Мельникова достигло расцвета, он был самой яркой, самой впечатляющей творческой индивидуально-стью. Он выступил среди блестящей плеяды советских архитекторов, стремившихся перевести на язык зодчества то, что принесла в жизнь Великая Октябрьская революция. То было время дерзаний; экспериментов, время новаторов. Но никто в те годы не генерировал идеи так интересно, как Мельников. Его работе не свойственна расчётливая рассудочность, не опирался он на накопленную годами эрудицию. Однако его интуитивное предвидение прогрессивных тенденций развития зодчества было необычайно точным. И сегодня в ряду зодчих 20-х годов он кажется наиболее современным, в чём-то стоящим ближе к тому, что возможно лишь в будущем. Он исключал обращение к любым прообразам – историческим и современным – и старался исходить из самых глубинных начал взаимосвязи между пространственной формой и человеческой деятельностью, между формой и восприятием, между формой и конструкцией.



Рисунок 1 – К.С. Мельников

Константин Степанович Мельников родился в 1890 г. в Москве, в семье рабочего-строителя. В. Чаплин принял участие в его судьбе и отправил в 1905 г. талантливого юношу на свой счет в Московское училище живописи, ваяния и зодчества. Правда, поступить туда для Мельникова оказалось непросто – гений всю жизнь был косноязычен и не смог с первого раза сдать экзамен по русскому языку. Сначала юноша попробовал учиться живописи и скульптуре, но хорошего художника из Константина Мельникова не получилось, несмотря на то, что он занимался в училище до 1913 г. По совету Чаплина, который продолжал заботиться о своем воспитаннике, Мельников продолжил обучение на архитектурном отделении училища, которое и окончил в 1917 г.

Архитектура Мельникова всегда создавалась в неразрывном взаимодействии с обстоятельствами жизни автора, она удивительно автобиографична.

Острое чувство стиля, бывшее у него от природы и укрепленное школьным образованием, сохранилось навсегда, но не как инструмент стилизации, а как безошибочная способность быть в художественном отношении поразительно современным. Его любовь к семье, к родным местам, к Москве, к России составляла как бы разные ступени одного и того же цельного и сильного чувства. Не случайно, что позднее среди крупных архитекторов своего времени он остался, пожалуй, наиболее «московским», почти ничего не проектировавшим для других городов. Его настойчивое стремление выступать на международных смотрах разного характера в большой степени также вдохновлялось желанием доказать творческую силу отечественной архитектуры в мировом масштабе.

Основные творческие усилия Мельникова всегда были сосредоточены на композиции и образных поисках решений. Мельников говорил, что не камень, не кирпич, не железобетон, а именно пространство является важнейшим материалом архитектуры. Он разрабатывал цельные серии однотипных по функциям, но различных по объемно-пространственным качествам и образной характеристике объектов: клубы, гаражи и жилые дома. В его работах архитектурная форма всегда особенно активно взаимодействует с функцией, и в то же время одинаковая функция никогда не обслуживает одинаковость формы.

Константин Мельников долго и старомодно вызревал, и ничто из созданного им не предвещало революции в архитектуре. Мельников, который вошел в историю архитектуры, родился, когда учителя-неоклассики И. Жолтовский, А. Щусев и В. Щуко пригласили его построить павильон «Махорка» для Всероссийской сельскохозяйственной выставки в Москве. Изучить процесс производства махорки и после изучения его реорганизовать. В итоге предполагавшаяся программой утилитарная постройка, почти сарай,

стала одной из архитектурных достопримечательностей благодаря своему необычному, выразительному и запоминающемуся облику. Коренным образом модифицированный производственный процесс был развернут в виде очень элегантно и в то же время предельно экспрессивной и динамичной пространственной композиции. И этот аналог живописной вывески и лубка был обращен Мельниковым в архитектурную гармонию. Общественное мнение единодушно отмечало художественное новаторство именно этого павильона. Заказ был одним из самых незначительных, однако именно в нем впервые проявилась вся индивидуальность Мельникова-архитектора, естественно сочетающего сугубый инженерный прагматизм и изощренную работу с пространством.



Рисунок 3 – Павильон на выставке в Париже 1925 г.

В советском павильоне на Международной выставке декоративных и прикладных искусств в Париже 1925 г. Мельников развил принципиально новый подход к художественному образу выставочного павильона. Это было первое выступление Советской страны на международном смотре, прямое наглядное сопоставление с другими странами, другим социальным миром. Советский павильон стал гнездом парижской выставки 1925 г. В



Рисунок 2 – Павильон «Махорка»

нём наиболее полно выразилась мельниковская концепция выставочной архитектуры: сочетание экспозиционной функции и яркой выразительности самой архитектуры.

Мельников «открыл» для архитектуры диагональ. Из воспоминаний Мельникова: «Чудесное меня привлекало, тянуло удивить им всех. На чистом зелёном лугу я врывал в землю стеклянную банку, накрывал её осколком стекла и тщательно всё это обдeldывал зелёным дерном так, что на поверхности оставалось лишь кругленькое окошечко для глаза. Свет проникал наклонным тоннелем, и если посмотреть, то в глубине засветится подземное царство. Здесь в первый раз в мои руки слетела фея моей Архитектуры – Диагональ».

Павильон небольшой, а такой диагональный подход даёт ощущение безграничности, непознаваемости с первого взгляда, это делает простой павильон сложным, многоплановым. Прямоугольное в плане, двухэтажное, почти целиком остекленное здание на легком деревянном каркасе пронзалось по диагонали широкой открытой лестницей, ведущей в помещения второго этажа. Сверху все было перекрыто наклонными пересекающимися плитами, по которым шли начертанные Родченко агитационные надписи. Этот «гараж, приснившийся поэту», как его назвал Илья Эренбург, был отмечен Гран-при выставки и сделал Мельникова культовой фигурой в мировом архитектурном движении. Своей практикой он показал, что кроме трёх традиционно господствующих взаимно перпендикулярных направлений – ширины, высоты и глубины – огромные и ещё не испробованные композиционные ресурсы содержат косые, диагональные направления – любимое и неисчерпаемое средство в композициях Мельникова. Павильон оказался одним из самых первых примеров подлинного обновления языка архитектуры.

В профессиональной биографии Мельникова работа над осуществлением советского павильона имела важнейшее значение. Прежде всего это дало ему личный, ничем не заменимый опыт осуществления ответственного государственного задания, к тому же в сложных и трудных условиях кратких сроков, предельной экономии Мельников должен был профессионально организовать и координировать совместный труд специалистов разных профессий: строителей, техников, художников, экспозиторов и т. д. Он должен был вникать во все детали строительного производства и другие чисто практические дела. Именно в такой работе формируется архитектор-практик, и Парижская выставка стала для Мельникова «ускоренной» школой практического опыта.

В постройке павильона наметились архитектурно-конструктивные приёмы, определяющие облик архитектуры XX в. И которые до сих пор являются актуальными и активно применяемыми в современной архитектуре.

Мельников – один из тех архитекторов, чьим произведениям в масштабах всей мировой истории свойственен максимум динамики. Диапазон использованных им для этого средств необычайно разнообразен: комбинация архитектурных пространств и масс, контрастное столкновение разнонаправленных движений, умышленное нарушение симметрии, острота силуэта, «сдвиги» формы, её консольные выбросы из площади опоры и многое другое, сообщающее композиционную динамичность физически неподвижным архитектурным формам.

Мельников широко вводил в современную архитектуру такие геометрические формы, которые до него использовали редко или их вовсе избегали: цилиндр, конус, полуконус, трапеция, параллелограмм, треугольник, эллипсоид, многогранная призма и т. д. Как один из важных реальных итогов композиционной концепции Мельникова следует отметить масштабность его сооружений.

В 1927-1929 гг. Мельников выстроил в Кривоарбатском переулке жилой дом для сво-

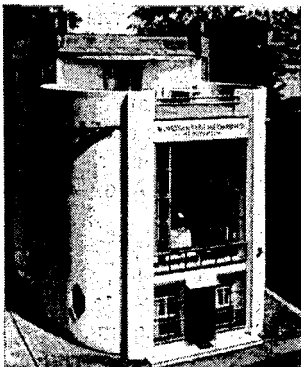


Рисунок 4 – Дом К. Мельникова в Кривоарбатском переулке

ей семьи. Для Мельникова, в жизни которого семья особенно много значила, эта идея тесно переплеталась с желанием сформировать и воплотить своё профессиональное кредо. Необычный снаружи и не менее необычный внутри, дом очень типичен для творчества Мельникова и является одним из его лучших произведений. Здесь создан особый пространственный мир. Попавшему сюда человеку вдруг раскрывается, сколь чудесными и постоянно изменчивыми качествами может обладать окружающее его сложное жилое пространство. «Странный» снаружи, дом оказывается внутри ещё более необычным, но при этом глубоко человеческим, уютным и удобным. Снаружи это два врезанных друг в друга цилиндра одинакового диаметра. Необычная для жилья круглая в плане форма представлялась Мельникову целесообразной, в том числе и по ряду конструктивных и экономических соображений. Он хотел запатентовать комплекс принципиальных решений, найденных им при проектировании и осуществлении строительства собственного дома.

Одним из современников было сказано: «Дом Мельникова – это храм, это чудо. Живя в таком доме, вы бы почувствовали жизнь, собственное «я» и собственные чувства. Это очень интересно, что через дом человек может познавать себя», что этот дом помогает нам познать его хозяина».

Из воспоминаний К. Мельникова: «Я никогда не пользовался никакими снимками, никакими журналами и вообще никакой литературой, когда составлял свои проекты. Даже то, что находилось в арсенале моей памяти, я считал балластом, стесняющим свободу проектирования.

До двухсот эскизов шли потоком к одному и тому же объекту. Я останавливался только тогда, когда всё, что меня преследовало, выливалось в ещё невиданную и красивейшую форму».

Заключение. Архитектуру 1920-х годов принято обсуждать в терминах утопизма. Но и в этом отношении Константин Мельников представляет собой совершенно уникальный случай, удивительно естественно сочетая совершенный ремесленный прагматизм и черты абсолютного утопизма. Сам он любил повторять, что он вовсе не «фантастический архитектор», указывая на множество реализованных построек: «Меня обвиняют в оригинальничанье, в фантастике, в утопичности моих проектов. Между тем фантаст Мельников построил десятки реально стоящих проектов.

Мельников – едва ли не единственный из пионеров советского модернизма, кто не сдался сталинской эстетике. Отставленный от какой-либо практической деятельности, Мельников так всю жизнь и прожил в своем доме-манифесте, создавая уже никому не нужные проекты. Он дожил до хрущевской «оттепели», когда стал иконой для новых поколений архитекторов и историков искусства, видевших в нем живого классика. Он наблюдал, как его постройки постепенно видоизменяются, ветшают. Хотя сохранившиеся до наших дней творения Мельникова уже поставлены на государственную охрану, ни в одном из них еще не проводился капитальный ремонт и реконструкция. В новой Москве архитектура классика авангарда опять, к сожалению, оказалась трагически неактуальной и на экскурсии в Дом Мельникова ходят только студенты архитектурных вузов да приезжие иностранцы...

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Архитектура СССР. – М.: Стройиздат, июль-август 1990 г.
2. Делать невозможное возможным // Моя Москва. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.moyamoskva.ru/articles/2006/06-n05-11.php>
3. Константин Степанович Мельников: Архитектура моей жизни. Творческая концепция. Творческая практика / Сост. А. Стригалёва и И. Коккинаки; пред. А. Иконникова; вступ. статья А. Стригалёва; прим. А. Стригалёва и И. Коккинаки. – М.: Искусство, 1985. – 311 с. 48 л, ил., 1 л. портр. – (Мир художника).
4. Хан-Магомедов, С.О. Архитектура советского авангарда: в 2-х кн. – М.: Стройиздат, 1996. – Кн. 2.: Проблемы формообразования. Мастера и течения. – 715 с.

УДК(728.84+624.074.2/3):72.036

Чабурко Т.С.

Научный руководитель: доцент Арсеньева Л.А.

РАЗВИТИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Целью настоящей работы является изучение взаимосвязи сферической формы индивидуального жилого дома с его конструктивными, эксплуатационными и технико-экономическими показателями.

Круг, сфера – оптимальные формы, взятые из бионики, которые мы наблюдаем во всём, что нас окружает, начиная от нор и гнезд, формы яйца, гриба, заканчивая формами нашей планеты и других галактических объектов. Формы сферического жилища максимально естественны, ведь, как известно, в природе нет острых углов и прямых геометрических линий.

Форму круга имели жилища как северных районов (Якутия, Карелия), так и южных (Непал, Африка, Индия, Азия). Круглые куполообразные жилища Азии и Якутии имеют название юрта. Юрты имеют легкую сборную конструкцию, которая в то же время прочна и удобна для использования как жарким летом, так и студеной зимой. Ключевой элемент юрты – круг, или дымовое отверстие, к которому крепятся все жерди купола. Этот прочный, массивный круг придает стабильность всей конструкции. Войлочный клапан у отверстия откидывают для вентиляции или же закрывают в непогоду.

Такой вид жилого дома, как юрта, распространен в сельских районах у народов, ведущих кочевой образ жизни. С течением времени многие коренные жители перестали кочевать и поселились в городах и селах. И все же в летние месяцы на больших колхозных выгонах, пася овец, коров и лошадей, пастухи иногда ставят юрты.

В последнее время юрту можно увидеть и на Западе. Некоторые стали пропагандировать ее как удобное жилище, не наносящее вреда экологии. Однако большинство современных юрт во многом отличаются от своих ранних предшественниц. В их создании используются высокотехнологичные материалы, и такие юрты больше напоминают капитальные сооружения.

Анализируя все достоинства сферического жилья, стали появляться его аналоги и в современной архитектуре (Рис. 1).

Экономия средств и времени при строительстве таких домов начинается уже с фундамента. В современных домах круглой формы возведение фундамента требует гораздо меньших трудовых и материальных затрат, чем формирование основы классического прямоугольного жилища.

Современные круглые дома великолепно сохраняют тепло, так как имеют меньшую площадь внешней поверхности. В них много света, поскольку его потоки не задержива-

ются в углах. Цельновозведённую сферу значительно сложнее разрушить взрывами; даже пробитая в одном или нескольких местах, она не теряет своих конструктивных способностей и не складывается.

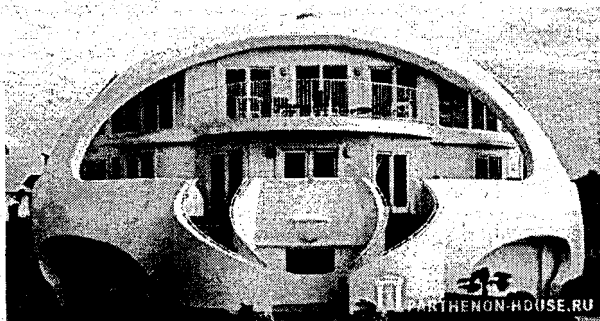


Рисунок 1 – Современный жилой дом сферической формы

Возведение каркаса круглого дома обходится без использования тяжелой строительной техники. Ведь все его детали редко превышают 3-4 метра в длину.

Это означает, что на шарообразные сооружения нужно расходовать материалов на четверть меньше, чем на кубические. В сферических сооружениях нет углов, где обычно застаивается воздух, их легче проветривать.

Учитывая современные тенденции к изучению непознанных летающих объектов, можно провести аналог между круглыми домами и летающей тарелкой, имеющими внешнее сходство за счет круглой обтекаемой формы. Исходя из этого, французская компания Солейла Домес (Solaleya Domes) взяла форму НЛО в качестве первоосновы для индивидуального жилого дома, т.е. летающая тарелка, внезапно приземлившаяся на Землю, стала местом проживания обычной семьи (Рис. 2).



Рисунок 2 – «НЛО-дом» французской компании Solaleya Domes

Вращающиеся дома в форме НЛО стали одной из последних разработок компании, занимающейся экостроительством. Эти дома на 90 процентов состоят из дерева, однако, несмотря на это, они способны выдержать ураганы пятой категории и землетрясения восьмой категории.

Дом снабжен вращающейся системой крыши, которая в течение дня вращается таким образом, что солнечный свет всегда попадает в окна. Эта система полностью окупает себя по двум причинам. Во-первых, в доме всегда светло в течение дня, потому что солнце всегда попадает в окна. Во-вторых на крыше дома расположены солнечные панели, накапливающие и преобразующие солнечную энергию, которые благодаря энергетическую всегда находят под прямым воздействием солнечных лучей. Что касается энергопотребления, то на поворот дома на 360 градусов уходит столько же энергии, сколько требуется для того, чтобы пропылесосить дом.

Вскоре дома сферического типа стали проектировать и русские архитекторы. Проект дома «UFO-House» архитектора Михаила Шернина был создан для необычного, почти инопланетного поселка (Рис. 3). Автор сумел приспособить образ НЛО к земной цивилизации. Проект представляет собой жилой дом, рассчитанный на проживание одной семьи.

Лестничная клетка выведена в отдельный объем для придания сооружению большей устойчивости как визуальной, так и конструктивной.

Конструкции здания предполагается выполнить из железобетона (перекрытия) и металла (колонны). Внешняя оболочка здания выполняется из клееной древесины и металлических навесных элементов.

На верхней террасе по периметру перекрытия расположена емкость для сбора дождевой воды. В летний период она предназначена для нужд жильцов и для снабжения системы автоматического полива многочисленных подвесных газонов (клумб) 3 этажа. По периметру конструкций третьего этажа проходит направляющая, к которой крепится подвижная люлька, с нее осуществляется уход за наружным остеклением общественной зоны 2 этажа. Когда люлька не используется, она крепится над дворовым выходом из дома и выполняет функции козырька.

В конструкции дома предусмотрена система ветровых турбин, расположенных по периметру наружного остекления и на кровле лестничной клетки. Они должны частично компенсировать потребности постройки в электроэнергии.

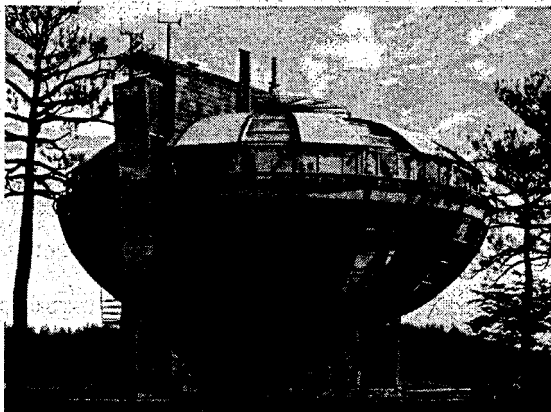


Рисунок 3 – «UFO-House» архитектора Михаила Шернина

На самом верхнем уровне обустроена терраса, накрытая подвижным, прозрачным навесом. Навес предохраняет террасу от осадков, а на зиму может быть опущен для предотвращения снежных заносов.

В заключение можно назвать жилье сферической формы домами будущего, как ни странно, пришедшими к нам из далекого прошлого. Такие дома имеют ряд преимуществ перед домами стандартного прямоугольного типа, в связи с чем они стали появляться в восточной Европе, в том числе и в Беларуси (Минская обл, д. Беларусичи).

Конструкция здания сферической формы имеет большую устойчивость к ветровым, снеговым и сейсмическим нагрузкам, чем у обычных домов. За счет наименьшей площади внешней поверхности круглого строения удается экономить материалы, а значит, и средства на его постройку. Так как сфера изготавливается бесшовной, минимизируются теплопотери, отопительная система минимальная.

Психологи доказали, что именно в круглых помещениях без острых углов человеку лучше думается, именно в такой атмосфере рождаются самые гениальные идеи, т.к. плавные линии круглых стен, не имеющих углов, приятны глазу, не раздражают и не отвлекают внимания. По Фэн Шуй, именно округлые формы считаются наиболее энергетически благоприятными из-за отсутствия углов, искажающих энергетические потоки.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. <http://parthenon-house.ru/content/news/index.php?news=3107>
2. http://album.turizm.ru/17036/mess_4/
3. http://ru.wikipedia.org/wiki/Круглый_дом
4. <http://www.babyblog.ru/community/post/houses/1383553>
5. <http://www.ecology.md/section.php?section=ecoset&id=2414>

УДК [728.1.3:620.9]-056.12

Червяковский А.В.

Научный руководитель: доцент Мордаилко В.И.

ПАССИВНЫЙ ДОМ

Мировой энергетический кризис 70-х годов привел к появлению нового научно-экспериментального направления в строительстве, связанного с понятием "здание с эффективным использованием энергии".

В нашей Республике одной из основных задач, сформулированных в концепции развития строительного комплекса на 2011-2020 гг., является строительство энергоэффективных жилых домов, объемы которого к 2015 г. намечено довести до 6 млн. м², что составит около 60% от общей площади вводимых зданий. Удельное потребление тепловой энергии на отопление таких зданий не должно превышать 60 кВтч на 1 м² в год и в перспективе до 2020 г. – до 30-40 кВтч на 1 м² в год. «Пассивный дом» является одним из видов «зданий с эффективным использованием энергии» и может стать решением поставленной задачи.

Технологии, превращающие обычный дом в пассивный, бывают различными. Но в конечном счете всё сводится к тому, чтобы не дать возможности выработанному теплу покинуть дом, а минимальный недостаток тепла и энергии получить за счет собственных систем.

Эта проблема в пассивном доме решена благодаря установке современных вентиляционных систем с рекуперативной функцией. «Комфортная» вентиляция обеспечит постоянный приток оптимального количества свежего воздуха и отток ненужного отработанного из помещений. Но накопленное тепло не теряется, а возвращается в дом.

Вентиляция не может вернуть всё тепло уходящее с отработанным воздухом, поэтому возникает необходимость использовать устройства для получения тепловой энергии

такие, как тепловой насос, солнечный коллектор, тепловой аккумулятор, которые могут использоваться для отопления и горячего водоснабжения.

Однако одними техническими средствами из обычного дома не сделать пассивного, необходимы ещё и энергоэффективные решения самих конструкций дома, в частности хорошая теплоизоляция.

Котлован будущего фундамента здания покрывают специальным теплоизолирующим покровом, который значительно снизит энергопотери через фундамент и значительно увеличит срок его эксплуатации вследствие дополнительной защиты от коррозии, температурных перепадов. Так же утепляют и само тело фундамента.

Строительство внешней поверхности пассивного здания должно быть оптимально спланировано, чтобы избежать лишних стыков, угловых швов, которые в дальнейшем образуют «мостики холода».

В пассивном доме полностью отсутствуют зазоры, трещины, щели. Абсолютная герметичность всего внутреннего объема дома и качество используемых теплоизолирующих материалов обеспечивают эффективную тепло-, гидро-, звукоизоляцию.

Важную роль в пассивном доме играет качество окон и их расположение. Ведь они – «солнечные аккумуляторы», собирающие энергию для дальнейшего обогрева помещений. Сами стекла имеют специальный состав, покрываются специальными пленками, отражающими тепловое излучение внутрь помещения.

Технология «пассивный дом» предусматривает эффективную теплоизоляцию всех ограждающих поверхностей (не только стен, но и пола, потолка, чердака, подвала и фундамента). Строительные элементы внешней поверхности должны быть теплоизолированы материалом с коэффициентом теплопередачи не выше 0,10-0,12 Вт/м²К. В капитальном строительстве для этих целей используют минвату, пенополиуретаны, напыление Пеноглас, твердые пеноблоки.

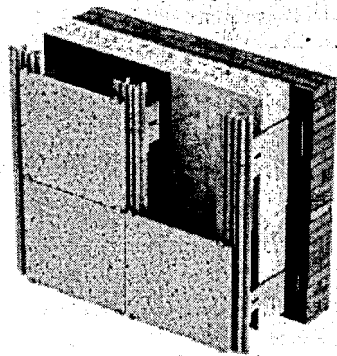


Рисунок 1 – Вентилируемый фасад

Для устройства стен «пассивного дома» широко применяют вентилируемые фасады, которые обеспечивают хорошую тепло- и звукоизоляцию, значительно повышают энергоэффективность здания.

Навесной фасад может крепиться на несущую или самонесущую стену, выполненную из различных материалов (кирпич, бетон и пр.).

Наличие воздушного зазора в вентилируемом фасаде принципиально отличает его от других типов фасадов (ширина воздушного зазора от 40 до 100 мм). За счет разницы температур с внешней и внутренней сторон ограждающей конструкции возникает перепад давления и, как следствие, восходящий воздушный поток. В результате несущая стена и утеплитель избавляются от конденсата и атмосферной влаги.

Преимущества использования системы вентилируемого фасада:

- Снижение содержания воды в бетоне или кирпиче примерно на 3-4%;
- Повышение теплоизоляционных характеристик стены в 1,5 раза;
- Отсутствие температурных деформаций;
- Повышение уровня энергосбережения здания и пр.

Используется в пассивном доме «прозрачная теплоизоляция», которая свободно пропускает солнечный свет.

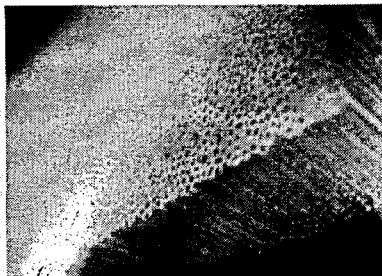


Рисунок 2 – Прозрачная теплоизоляция

Дома с такой системой теплоизоляции могут эффективно использовать энергию солнца для отопления.

Кроме рассмотренных решений, в «пассивном доме» могут применяться и другие материалы, а также инженерные, технические и архитектурные решения, которые и делают его экономичнее стандартных зданий.

Пассивный дом обладает рядом преимуществ:

- потребляет в 10 раз меньше энергии, чем обычный дом;
- благодаря современному оборудованию «пассивный дом» может считаться экологически чистым при эксплуатации;
- внутренний микроклимат помещений удовлетворяет всем санитарно-гигиеническим требованиям.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Габриель, И. Реконструкция зданий по стандартам энергоэффективного дома / И. Габриель, Х. Ладенер; переводчик О. Кокорева.; под ред. Е. Кондукова. – М.: Издательство «ВНУ», 2011. – 480 с.
2. Файст, В. Основные положения по проектированию пассивных домов / Перевод с немецкого с дополнениями под ред. А.Е. Елохова – М.: Издательство «Ассоциация строительных ВУЗов», 2008. – 144 с.
3. Сайт компании «Климат мастер» [Электронный ресурс]. – Минск, 2011. – Режим доступа: <http://clima.by>. – Дата доступа: 22.03.2012.
4. Независимый электронный портал о городской недвижимости компании «Индекс рынка недвижимости» [Электронный ресурс] / ООО «Индекс рынка недвижимости» – 2011. – Режим доступа: <http://www.novostroika.by>. – Дата доступа: 22.03.2012.

УДК 72.035.5(476.7)

Черетович Д.В.

Научный руководитель: доцент Ширяева Л.А.

ОСОБЕННОСТИ БРЕСТСКОЙ ЭКЛЕКТИКИ

Целью настоящей работы является усиление внимания к проблеме утраты бесценных для города Бреста памятников архитектуры стиля эклектики, а так же привлечение внимания к стилистическим особенностям данных сооружений.

Еще в 1860-х годах Виоле-де-Дюк, один из первых архитекторов-реставраторов, восклицал: «Неужели XIX веку и в правду суждено до самого конца не иметь собственной архитектуры, неужели эта эпоха настолько плодovitая открытиями, обнаружившая такую могучую жизнеспособность, оставит потомству одни лишь подражания, не поддающиеся классификации...».

Развитие капитализма второй половины XIX в. определило переворот в архитектуре городов и поместий Европы. Возникли новые типы зданий – заводы, фабрики, банки, торговые и промышленные здания, вокзалы и другие невиданные до-того времени сооружения. От архитектора требовалась новая промышленная архитектура, позволявшая относительно быстро возводить надежные, функциональные, одновременно не лишённые художественной выразительности здания, с неприятными в эксплуатации фасадами. Так возникло во второй половине XIX в. и сформировалось в начале XX в. новое стилистическое течение, получившее название «промышленная готика» или «кирпичный стиль».

Во второй половине XIX – начале XX в. на структуру каменной, а во многих случаях и деревянной застройки городов начинают влиять стили эклектики и модерна. Тектоническое соподчинение форм и объёмно-планировочной целесообразности уступает место фасадной декоративности. Ленты фасадов различного стиля сливаются в целостной линии улиц, периметры кварталов. В начале XX в. обозначились две отрасли городской архитектурной эклектики: восточная, которая ориентируется на стилиевые и декоративные мотивы «русской старины», и западная с ориентацией на архитектурные, стилиевые черты Центральной и Западной Европы.

Сферой распространения эклектики на Беларуси в первую очередь стали здания массового назначения: городское жильё, доходные дома, учебные и административные здания, торгово-финансовые учреждения, больницы и др. С середины XIX в. в основном они начинают формировать новый облик городов. Основной упор делался на внешнюю декоративность фасадов. Архитекторы свободно сочетали в зданиях формы готики, ренессанса и барокко, создавали конгломераты архитектурных форм, стиль которых трудно определить.

Эклектика – (эклектизм, историзм) в архитектуре – направление в архитектуре, доминировавшее в Европе и России в 1830–1890-е гг.

Использование элементов так называемых «исторических» архитектурных стилей (неоренессанс, необарокко, неорококо, неоготика, неомавританский стиль, неовизантийский стиль, псевдорусский стиль, индо-сарацинский стиль) называют эклектикой в советской и российской практике. В зарубежном искусствоведении употребляются не несущие негативной окраски термины романтизм (для первой четверти XIX в.) и боз-ар (для второй половины XIX в.). Эклектике присущи, с одной стороны, все черты европейской архитектуры XV–XVIII веков, а с другой – в ней есть принципиально другие свойства. Эклектика сохраняет архитектурный ордер (в отличие от модерна, не использующего ордер), но в ней он утратил свою исключительность.

Зачастую эклектику рассматривают в качестве исходного формообразующего русла, ответвлениями которого собственно и являются основанные на конкретных исторических прототипах стилистические разновидности, объединённые общим характером отношения к идейному и образному содержанию ори-



Рисунок 1 – Привокзальная площадь.
Фото 1887 г.

34. Так, например, в доме №1 уникальными являются заполнения оконных и дверных проёмов, наличники, лепнина, декор, а в доме № 34 можно увидеть богатое убранство фасада, лепнину, балконные ограждения, пилястры.

Первый и второй этаж выполнены так же с использованием французской рустики. Под окнам 2-го этажа можно увидеть стилизованные балясины.

По улице Советской к стилю эклектики относим дома № 100, 102, 23 и ряд других зданий, ныне идущих под снос. Оконные ограждения и карнизы в целом идентичны уже рассмотренным. Балконные ограждения имеют интересный ажурный узор, чем-то даже напоминающий скрипичный ключ. Балкон крепится на ажурных кронштейнах.

По улице Держинского к стилю можно причислить дома №36 и №30, являющие собой один из ярчайших примеров стиля эклектики в г. Бресте: Дом № 30 не оштукатурен, и вся декоративная кирпичная кладка предстаёт перед нами во всей своей красе.

По улице Карла Маркса дома № 80, 78, 70, 67, 56, 54, 11 так же можно причислить к данному стилю. Дом №11 (рисунок 3) недавно был отреставрирован ООО Брестреставрацияпроект и представляет собой пример для подражания в качестве проведения реставрационных работ, а так же по богатству своего убранства.

Одним из самых ярких представителей стиля эклектики в Бресте является Бывшая мужская гимназия, в период 20-30-х гг. гимназия Рамуальда Траугута, ныне старый корпус Пед. университета, расположившийся по ул. Мицкевича напротив Николаевской братской церкви.



Рисунок 3 – Дом №11 по ул. Карла Маркса

По ул. Комсомольской яркими примерами стиля эклектики являются дома № 21 и 30, по ул. 17 сентября глаз ещё недавно радовал дом №10 – сейчас он снесён, по ул. Орджаникидзе – дома № 21, 33, 35, по ул. Ленина – дома № 80, 82, 84 и многие другие.

Несмотря на кажущееся обилие таких домов в г. Бресте, город рискует потерять своё историческое лицо, так как, даже сохранив отдельные примеры былой застройки, мы можем потерять ту целостность, композиционность, ощущение эпохи и стиля, так как эти здания просто теряются на фоне новостроек из стекла и бетона, монументальных высотных жилых комплексов и других современных сооружений. Первое, что должен помнить каждый архитектор при перестройке среды старого города – нельзя навредить, сделать хуже, чем уже есть, необходимо понимать, что в ту эпоху творили действительно талантливые архитекторы, а декоративное убранство зданий скорее является неотъемлемой особенностью каждой эпохи. Потеряв даже отдельные образцы старой застройки, мы теряем частичку её истории.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Суворов, А.М. Брест. Путешествие по городу. Достопримечательности. Старые улицы. Культура. Сервис и Досуг / А.М. Суворов. – Брест: Редакция журнала СЭЗ, 2008.
2. Улицы Бреста рассказывают... / Л. Илларионова, Ю. Рубашевский, Н. Свинтилова, Т. Стасюк; под общ. ред. П.Н. Тишука. – Брест: ООО "РИА "Вечерний Брест", 2007. – 140. фотографии.
3. Брест. Путешествие сквозь века. – Минск: Тарпей принтинг хаус, 2003.
4. Локотко, А.И. Архитектурное наследие Беларуси. Развитие традиций, охрана и реставрация / А.И. Локотко. – Минск: ИООО "Право и экономика", 2004.
5. Лакотка, А.І. Нацыянальныя рысы Беларускай Архітэктуры / А.І. Лакотка. – Мінск: Ураджай, 1999.
6. Сарычев, В. В Поисках Утраченного Времени. Книга Первая / В. Сарычев. – Брест: ОАО "Брестская типография", 2006.
7. Памяць. Брэст: у 2 кнігах. – Мінск: Белта, 1997. – Кн. 2.
8. Лазука, Б.А. Гісторыя Беларускага Мастацтва: у 2 тамах. / Б.А. Лазука. – Мінск: Беларусь, 2007. – Том 2: XVIII – пачатак XXI ст.
9. Гісторыя Беларускага Мастацтва: у 6 тамах. – Мінск: Навука і тэхніка, 1989. – Том 3: Канец XVIII – пачатак XX ст.
10. Чантурыя: Історыя Беларускай Архітэктуры / Чантурыя. – Мінск. 1999.

УДК(72.04.0.1/06)

Щербач Е.С.

Научный руководитель: Панченко Т.А.

ИНСТАЛЛЯЦИИ. ПРАКТИКА ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В АРХИТЕКТУРЕ

Целью настоящей работы является изучение истории развития искусства инсталляции, анализ потенциала и целесообразности применения инсталляций в архитектуре.

Введение

К жанру инсталляции невозможно относиться однозначно. Существует множество противоречивых мнений. Конечно, не всегда зрителю просто постигнуть смысл той или иной инсталляции. Зачастую язык неподготовленного зрителя не поворачивается назвать эти объекты творчества произведениями искусства. Многие из них кажутся абсолютно лишены эстетики, а иногда и вовсе вызывают отвращение. Но, несомненно, существуют интересные инсталляции. Их нередко можно увидеть в различных экспозициях музейных коллекций. Такие произведения вызывают восхищение и восторг, несравнимые, к примеру, с эмоциями, вызванными произведениями станковой живописи. Их преимущество главным образом в том, что жанр инсталляции предполагает большую вещественность и располагает большими средствами к воспроизведению реальности, так как действие происходит в привычном для зрителя трехмерном пространстве, а не в двухмерной плоскости картины.

Основная часть

Инсталляция – форма современного искусства, представляющая собой пространственную композицию, созданную из различных элементов и являющую собой художественное целое. Термин "инсталляция" произошел от английского глагола "to install" (устанавливать), что до некоторой степени описывает технические аспекты изготовления инсталляции: ее устанавливают, составляют, формируют из отдельных разрозненных частей. Инсталляция трехмерна, это не объект, а пространство, организованное по воле художника. Инсталляция включает в себя не только все предшествовавшие ей жанры, но и самого зрителя.

Эстетическое содержание инсталляции – в смысловых трансформациях, игре значений, возникающих в результате преобразования окружающей среды и смены контекстов.

Главная цель инсталляции – создание в определенном объеме особого художественно-смыслового пространства, построенного на неординарном сочетании тривиальных вещей, выявляющего в них новые смысловые значения и чувственные качества, скрытые от обыденного восприятия. Вещь, освобождаясь от своего утилитаризма, приобретает символический характер, а преобразованная среда и смена контекстов придают пространству иную смысловую нагрузку и значимость.

Самыми древними прародителями инсталляции можно считать всевозможные сооружения алтарного типа внутри культовых помещений. Довольно много объектов, напоминающих инсталляции, было во все времена, особенно в период барокко и рококо.

В барокко подобие инсталляции чаще всего встречается в интерьерах. Архитектура переходит в живопись, а та – в скульптуру и далее. Двери, в несколько раз превосходящие человеческий рост, анфилады-обманки, через которые невозможно пройти даже ребенку. Иллюзии-квадратуры стали очень популярны в то время во всей Европе. Стены растворялись в садах, потолок уходил в небо.

Официальным основоположником инсталляций считается Марсель Дюшан, а стилями, породившими искусство инсталляций, считают дадаизм и сюрреализм. В них наблюдается сложения произведений искусства и реальных вещей, что впоследствии дало толчок к развитию искусства инсталляций как отдельного направления.

В СССР первые инсталляции появляются в выставочных проектах П. Мансурова. На территории нашей страны прообразом инсталляции можно считать праздничное оформление Витебска М. Шагалом. Для русской инсталляции важной оказалась традиция создания целостной театрализованной среды (экспозиционные проекты Л. Лисицкого конца 1920-х-1930-х гг.). В инсталляции художник пытается компенсировать утрату искусством храмового пространства, которое в XIX в. оказалось заменено на пространство выставочное, принадлежащее определенной институции (музей, галерея). Он заявляет о своей независимости от этих институций и создает собственный экспозиционный контекст.

Инсталляция в современном понимании рождается в рамках поп-арта 1960-х гг. в Европе и США. В СССР это был проект В. Комара и А. Меламида «Рай» (1973), занимавший целую квартиру. «Рай» был заполнен самодельными и готовыми символами мировых и вымышленных религий и посещался под музыку и при свете фонарика. А полностью пространственные инсталляции первой в СССР стала исполнять И. Нахова. Наиболее оригинальный вариант инсталляции создал И. Кабаков. Истоком его явились сделанные им проекты воображаемых выставок, состоящих только из листов с комментариями («Муха с крыльями», 1982). В инсталляции «10 персонажей» Кабаков впервые применил принцип коридора, вдоль которого проходит зритель, видя открывающиеся ему интерьеры комнат того или иного персонажа, подобная инсталляция «Красный вагон» (1991), в которой сам проход по коридору был эстетически осмыслен (разные пространства пластически выражали стадии истории коммунистической утопии, от революционного пафоса к скучному финалу). Используемый Кабаковым («Туалет», 1992) оказал большое воздействие на искусство инсталляции в США и Западной Европе, где, как и в России, в 1990-е гг. инсталляция является одной из главных форм реализации замыслов художника.

На сегодняшний день искусство инсталляции прошло достаточно большой путь развития и внутри себя разделилось на несколько категорий. Их можно структурировать по смысловому содержанию и по характеру происхождения.

По характеру происхождения:

1. **Скульптурная инсталляция** – приближаются к скульптуре, но отличаются от последней тем, что их не валяют, а монтируют из разнородных материалов часто промышленного происхождения. Одним из самых значительных авторов скульптурных инсталляций в западной Европе является Флорентин Хофман, создающий гигантские скульптурные инсталляции по всему миру.

2. **Компьютерные инсталляции.** Использование компьютеров в инсталляции чрезвычайно разнообразно: от использования мониторов как материала для инсталляций до применения новых технологий в их создании. Компьютерные инсталляции внутри себя имеют множество направлений, это и *нет-арт инсталляции* (вид инсталляции, который использует в качестве основного средства выражения среды глобальную сеть Интернет), и *игровые инсталляции* (например, инсталляция японца Хироши Матоба под названием «Digital Fukuwaragi» Видеокамера сканирует лицо игрока, которое затем на мониторе разбивается на кусочки пазла. Задача играющего – собрать себя воедино. При этом каждый кусочек продолжает существовать в реальном времени и повторять действия «хозяина», но, пожалуй, самым значительным является Виртуальная инсталляция. *Виртуальные инсталляции.* Одна из технологий их создания такова: фотографируются пустые галереи, годные для инсталляций. Затем на пленке запечатлеваются объекты, участвующие в создании работ. Фотографии цифровым образом преобразуются, накладываются друг на друга и размещаются в компьютере. Вы можете разгуливать по виртуальной инсталляции как по музею.

3. **Видеоинсталляции** – это одна из форм видеоискусства, которая невероятно расширяет границы зрительного образа, предлагаемого на экране. Картина "освобождается" от экрана, заполняет его рамки, сочетается с образами, парящими в воздухе или висящими на занавесе. Видеоизображение больше не имеет определенного места и помещается в специально создаваемую среду. Особое пространство, существующее по собственному времени. Место действия теперь располагается снаружи; то, что раньше показывал экран, теперь происходит вокруг нас, между внутренним Субъектом и внешним Объектом.

4. **Аудио-инсталляция** – это своеобразный жанр нестерпимо медленно разворачивающейся музыки. Слово «аудио-инсталляция» можно условно перевести как "выставление звука на всеобщее обозрение". Звук выставляют в местах, интересных в архитектурном отношении – в церквях, на металлургических комбинатах, в пещерах, в парках. Аудио-инсталляции длятся много часов без перерыва, эти аудиотыбы, как правило, лишены центра, композиции, конфликтов и тому подобных вещей. Аудио-инсталляция – это длинный аудио-забор, думающий, что он отлично замаскировался под объект естественного происхождения. Часто аудио-инсталляции порождаются мёртвыми проигрывателями компакт-дисков или компьютерами, но есть и такие, в функционировании которых принимают участие вполне дееспособные музыканты. В этом случае люди питают машины новыми звуками, которые долго-долго перемалываются хитрыми компьютерными программами.

5. **Комбинированные инсталляции** – включающие как предметные статические элементы (объекты), так и всевозможные элементы фото- и видеоискусства, компьютерные объекты, лазерные установки и другие новинки современного научно-технического прогресса.

По смысловому содержанию:

1. **С доминирующим сюжетно-повествовательным началом.** Пример инсталляций польского скульптора Мирослава Балки на тему Освенцима в городе Кракове или его инсталляцию для машинного зала лондонской галереи Tate Modern (раскрывает тему неизвестности смерти), так же многочисленные инсталляции Ильи Кабакова и отдельные Виталия Комара и Александра Меламида.

2. **Объектно-предметный** – это всевозможного рода имитации научных лабораторий, реальных и псевдо-реальных бытовых и музейных интерьеров.

3. **Визуально-визионерский** – делающий акцент на созерцание некоего изображения или сооружения. Пример могут быть инсталляции Дмитрия Пригова, которые связаны в основном с использованием газет и рисованных изображений.

Отдельно стоит упомянуть **рекламную инсталляцию**, которая в отличие от современного искусства имеет исключительно практическую направленность, изначально работая с объектами потребления, которым может быть придано любое содержание. Пример – интерьерная инсталляция фирмы Ikea в парижском метро.

Инсталляции в архитектуре. На сегодняшний день имеется немало примеров успешного применения инсталляции в архитектуре. Как правило, они встречаются в наиболее развитых экономически странах. Но это не говорит о дороговизне данного вида искусств, а скорее указывает на его инновационность.

Одной из таких инсталляций является панорамная терраса «Your Rainbow Panorama» (Рис. 1), расположенная на крыше музея современного искусства ARoS в городе Орхусе. Автор – художник Элиассон Олафур. Дугообразный променад, образованный конструкцией из щитов, окрашенных в краски спектра радуги, построен на крыше Художественного музея ARoS. Через эту многокрасочную «призму» под углом в 360 градусов открывается чудесный пейзаж города Орхус и морского залива. Площадка панорамного вида убедительно дополняет имидж города Орхус как центра международного современного искусства.

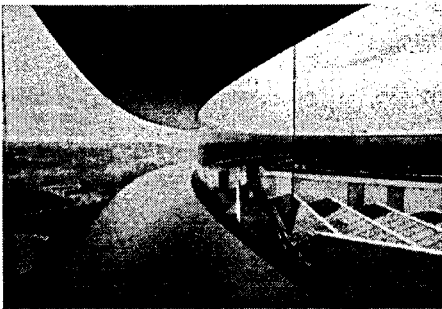


Рисунок 1 – Инсталляция на крыше музея ARoS

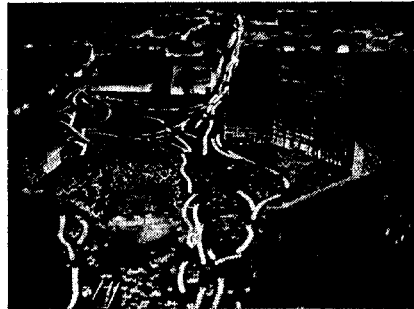


Рисунок 2 – «Audi urban future»

В разнообразных, реагирующих на движение, мультимедийных инсталляциях берёт своё начало проект датчанина Бьярке Ингельса (BIG) под названием «Audi urban future» (Рис. 2). Он был представлен на последней биеннале в Венеции. Ингельс предлагает заменить фиксированные элементы дороги, тротуара или площади на программируемую поверхность, выложенную световыми элементами. Такой цифровой слой подсвечивал бы пиксели в том месте, где через несколько секунд проедет самоуправляемое

транспортное средство, чтобы пешеходы были в состоянии предвидеть ситуацию и реагировать на нее. В таком городе будет возможно видеть предстоящие передвижения благодаря этой анимированной графической поверхности.

Заключение

Современные здания помимо своей основной функции очень часто приобретают ряд дополнительных, а иногда и вовсе имеют несколько функций, равных по значимости, но совершенно разных по сути. Образное содержание сооружений перестает подчиняться функции. И всё больше начинает зависеть от воли автора. Очень часто торговые и административные здания становятся выставочной площадкой для современного искусства, а иногда и сами приобретают формы и философское наполнение, соответствующее этому термину. Здание начинает жить само по себе, вступая в диалог с обществом. Искусство инсталляции отлично подходит к экспозиций в подобных условиях и как нельзя больше располагает к диалогу. Дальнейшее её внедрение в архитектурную среду неизбежно. Поэтому я считаю целесообразным и перспективным изучение данного вида искусства архитекторами наряду с изучением скульптуры, живописи и рисунка. Инсталляция может стать ещё одним эффективным инструментом в арсенале архитектора для решения конкретных задач.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Инсталляция_\(искусство\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/Инсталляция_(искусство))
2. <http://azbuka.gif.ru/critics/persona-prigov/>
3. <http://visaginat.narod.ru/POST/instal.htm>
4. <http://www.teterin.ru/index.php?option=com>
5. http://ru.wikipedia.org/wiki/Элиассон,_Олафур
6. <http://www.novate.ru/blogs/210611/17960/>
7. <http://theoryandpractice.ru/posts/1478-arkhitektura-poley-zhivye-i-tsifrovye-goroda>

УДК 72.021.4: [725.42:677](476.7)

Щербачевич О.В.

Научный руководитель: доцент Ширяева Л.А.

РЕВИТАЛИЗАЦИЯ КОВРОВОГО КОМБИНАТА В ГОРОДЕ БРЕСТЕ

“Быть или не быть” промышленным предприятиям в центральной части города? Этот вопрос, на первый взгляд, решается однозначно – конечно, не быть. Почему же мы так легко находим ответ?

Причины, пожалуй, кроются в давних стереотипах. В иерархии архитектуры у многих людей промышленные постройки стоят на нижнем уровне. Следуя второму стереотипу, промышленные объекты всегда ассоциировались с выбросами, загрязнениями, иначе говоря, с экологической опасностью, что, конечно, во многом справедливо. Однако в реальной жизни довольно большое число предприятий не опаснее, чем бытовая химистика, а в общем балансе загрязнений воздушного бассейна крупных городов основная доля приходится отнюдь не на промышленные выбросы.

Ну и, в-третьих, представление о том, что утилитарное, а именно этот термин чаще всего отождествляется с промышленной архитектурой, должно где-то скрываться, также стало привычным стереотипом.

Моё мнение по данному вопросу таково: промышленное предприятие может располагаться в центральной части города, если оно абсолютно безопасно с экологической точ-

ки зрения, если оно удовлетворяет эстетическим требованиям, которые предъявляются к городским зданиям, и я считаю, что если, например, завод находится в центре города и удовлетворяет вышеперечисленным требованиям, его вовсе не нужно прятать. Пусть будет понятно, что это завод, но завод, на который приятно глянуть.

Тогда логически возникает следующий вопрос: как же быть с уже существующими промышленными объектами, которые не отвечают современным эстетическим требованиям и требованиям безопасности. Выхода два: либо приспособлять его к современным требованиям, либо ревитализация, т. е. реконструкция объекта с изменением его функции.

Есть такое выражение: "Чтобы видеть будущее – нужно знать свои корни". Поэтому необходимо немного рассказать о формировании данного узла.

Итак, промышленные предприятия в мировой практике начинают перемещаться в города в первой половине XIX века, что и обусловило их стремительный рост. Беларусь, не имевшая тогда развитого промышленного потенциала, тем не менее, также находилась в русле общих тенденций, ее немногочисленные предприятия оказались в непосредственной близости к центру города, учитывая небольшие размеры города.

В 1933 году на международном конгрессе архитекторов (CIAM) в соответствии с принципами функционального зонирования города, заводы и фабрики подлежат вынесению в специальные зоны, на окраины города или даже за его пределы, что формирует соответствующее негативное отношение к их архитектуре. Яркий пример ТЭЦ, которая была построена в 30-е годы, граница города тогда проходила по сегодняшней ул. Ленина.

Начиная с 1960-х годов подход к решению промышленных объектов меняет акцент. Преобладающей становится изоляция предприятий, вынесение их на окраины городов, чему способствуют существенно выросшие размеры и мощности заводов и фабрик. Но города растут и постепенно промышленные зоны входят в город.

Таким образом, сегодня промышленные предприятия являются объективной реальностью для центральных районов городов республики, причем это в основном предприятия времен построения и становления социализма.

В этой связи, на мой взгляд, основные усилия по преобразованию промышленных объектов городов следует сосредоточить на предприятиях центральных районов, поскольку они имеют относительно недолгий период существования (30-20 лет), что свидетельствует об определенной степени морального износа существующей промышленной застройки, но достаточно хорошего состояния несущих конструкций, тем самым делает экономически целесообразными любые, в том числе планировочные, преобразования.

В 1960-х годах осуществлялось проектирование и строительство Брестского восточного промышленного узла. Он размещен на территории бывших фортов, где генеральным планом предусматривалось формирование крупнейшего в городе промышленно-селитебного района. Исходя из этого, объекты культурно-бытового и общественного назначения промышленного комплекса запроектированы с учетом обслуживания не только работающих на предприятиях, но и населения всего района.

В основу генерального плана промышленного узла положен принцип четкого зонирования основного производства и вспомогательных служб. Все предприятия сгруппированы по характеру производства в отдельные зоны: южную (электроламповый и электромеханический заводы), северную (ковровый и чулочный комбинаты), центральную (хозяйственный комплекс, обслуживающий все предприятия).

Ковровый комбинат был построен в 1962-1965 гг., архитекторы – Н. Шпигельман, И. Бовт, Л. Мицкевич. В основе создания – идея максимально компактного технологиче-

ского процесса. Здесь впервые в одном корпусе размещаются все основные и вспомогательные помещения. В плане он имеет прямоугольную форму, внутреннее пространство решено в виде просторных залов, отделенных друг от друга остекленными перегородками, что позволяет трансформировать помещения в случае изменения технологии. Несущие конструкции – сборный железобетонный каркас. Покрытие выполнено 12-метровыми панелями по сборным фермам пролетом 18 метров. Все инженерные коммуникации смонтированы в межферменное пространство. Чтобы предотвратить перегрев цехов солнечными лучами, в летнее время плоское покрытие кровли заливалось водой.



Рисунок 1 – (а, б) Коеровый комбинат

Административно-бытовые помещения – встроенные в корпус со стороны городской магистрали. Главный фасад лаконичного по форме корпуса за счет введения метрического ряда выступающих вертикальных объемов лестничных клеток получил пластичное решение.

В нашей стране остро стоит вопрос охраны наследия промышленной архитектуры, и по данному вопросу процитирую мнение доцента кафедры «Архитектура производственных объектов и архитектурные конструкции» БНТУ Галины Леонидовны Залеской.

«Главная проблема заключается в том, как правильно найти новое назначение такого здания, в каком виде его сохранять. По производственным объектам таких вопросов даже и нет. А отрасль промышленной архитектуры характеризуется именно тем, что жилая, культурная и общественная функции не менялись, а технологии менялись очень быстро. Промышленная архитектура очень быстротечна.

За рубежом в таких сооружениях устраивают музеи, гостиницы, концертные залы, офисы и даже жильё. У нас тоже существует практика приспособления. У нас есть объект такого же функционального назначения в Витебске. Памятник архитектуры. Электростанция. В ней некоторое время была выставочная галерея, потом кафе. Поэтому ярко выраженных черт промышленного объекта у нас не было, как не было и желания акцентировать внимание на том, что это был промышленный объект. Опять-таки сказывается то убеждение, что человеку будет некомфортно сидеть в таком помещении. Другое дело, если переделать мельницу в кафе-ресторан. Человеку это будет ближе.

Наше общество отличается большой инертностью. Западное общество умеет быстро перестраиваться и понимает, что вот это ушло и прекратилось, поэтому, может быть, имеет смысл сохранить то, что есть? Там уже объекты 60-ых и 70-ых годов превратились в историю, поскольку быстрее идет смена поколений техники и самих технических идей. У нас все очень медленно перестраивается, поэтому очень сложно что-либо делать».

На мой взгляд, чтобы общество поняло всю значимость не только промышленной, но и в целом архитектуры, его нужно воспитывать. Если каждый день утром говорить, что у

нас есть даже мелкие детали (исторические окна) и, если они представляют ценность, то необходимо сохранять окна, которые были, либо менять на тот же материал с тем же деталями. Если убеждать в этом общество каждый день, то в итоге можно что-то воспитать. Пока же посмотрите на любое здание улицы города, все окна разного цвета, разной разрезки, балконы и лоджии заложены. Сейчас присутствует такая вольность: мол, мое – сделаю, что хочу. Прошедшие годы не пробудили любви к исторической данности. Нет у нас ощущения корней, к сожалению.

Итак, мое проектное предложение состоит в полной ревитализации Брестского восточного промышленного узла. Но в данной работе я остановлюсь конкретней на Ковровом комбинате. Сейчас я хочу привести некоторые доводы в пользу актуальности данного вопроса:

- во-первых, в свое время данные предприятия строились на окраине города. Но сегодня данный промышленный узел располагается в центре спального района. И если посмотреть на карту, то можно видеть, как он разделяет район, служит буфером, который не приносит пользы, усложняет транспортные связи;

- во-вторых, это, конечно, экологическая проблема, проблема зеленых полос в данном районе;

- в третьих, экономический аспект, квадратный метр земли на данном участке стоит немалые деньги, т.е. эту площадь можно использовать экономически более выгодно;

- в четвертых, физический и моральный износ. Частичная хаотичная ревитализация фото.

Я предлагаю на базе зданий Коврового комбината создать одноименный культурный центр для разных групп населения, но с упором на творческую молодежь. В состав которого входили бы торговые точки, выставочный зал, открытое арт-пространство для проведения встреч и конкурсов творческой молодежи. Предлагаю сохранить некоторые элементы оборудования, которые будут напоминать о изначальном назначении данного здания. При реконструкции фасада предлагаю использовать мозаичную плитку, создать уникальный рисунок или узор с мотивами ковровых орнаментов, по принципу построек Гауди. На мой взгляд, такой метод поможет выделить фасад, наполнить его различными элементами, за которые может зацепиться взгляд, поможет преодолеть монотонность фасада ввиду его большой протяженности.

По конструктивным особенностям Коврового комбината его легко преобразовать под другую функцию, т.к. несущими элементами являются колонны, а перегородками разделена небольшая зона по периметру здания, центральный объем свободен.

На крыше здания предлагаю осуществить сад, по техническим параметрам данное эксплуатирование кровли возможно, напомним, конструктивные особенности Коврового комбината предполагали охлаждение кровли путем заливания ее водой, значит, конструкция с таким же успехом сможет вынести и сад на крыше. Устройство зеленой зоны на Ковровом комбинате благоприятно скажется на экологическом состоянии данного района.

Таким образом, преобразовав Ковровый комбинат в Культурный центр можно будет решить ряд задач: экологическую проблему, проблему досуга населения, проблему отсутствия пространства для самовыражения творческих людей, и улица Заводская наконец обретет вторую жизнь, не зря же она названа еще в 1972 году именем знаменитого белорусского поэта Янки Купалы.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. <http://ais.by/>

2. <http://www.hata.by/>

3. Чантурия, В.А. История архитектуры Белоруссии – 2-е изд., переработанное. – Мн., 1977.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОБЛЕМЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Атабаева К.Ш.

Научный руководитель: доцент Белов С.Г., ассистент Наумчик Г.О.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ ДЕСТРУКЦИИ
СЛОЖНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТОДОМ УФ-СПЕКТРОМЕТРИИ..... 4

Волкова М.А.

Научный руководитель: к.г.н. Волчек А.А.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА ОСАДКОВ В БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ
ЗА СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД..... 8

Горбач Н.Л., Манчак И.О.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Мешик О.П.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСФОРМАЦИЙ МАКСИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ПОЧВЫ
НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ..... 12

Горбач Н.Л., Манчак И.О.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Мешик О.П.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ МАКСИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА
НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ..... 15

Кисляк А.Б.

Научный руководитель: доцент Босак В.Н.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ 18

Корогода П.И.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Яловая Н.П.

БИОМОНИТОРИНГ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ МЕТОДОМ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ 22

Корогода П.И.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Яловая Н.П.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСТОТЫ ВОЗДУХА МЕТОДОМ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ 26

Лещеня В.А.

Научный руководитель: асс. Кобринец Л.А.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ БОБОВЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ... 30

Ромусик А.А.

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

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ УДАЛЕНИЯ ИЗ ВОДЫ ПЕСТИЦИДА ЛЯМБДА-ЦИГАЛОТРИНА..... 33

Сидорчик К.П., Федосик М.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Мешик О.П.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСФОРМАЦИИ ВЛАГОЗАПАСОВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ
ПОЧВ БЕЛУССКОГО ПОЛЕСЬЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ 40

Сидорчик К.П., Федосик М.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Мешик О.П.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ДЕФИЦИТОВ ПОЧВЕННЫХ
ВЛАГОЗАПАСОВ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛУССКОГО ПОЛЕСЬЯ..... 42

Шолтанюк М.А.

Научный руководитель: ассистент Натарева О.Н.

ВЛИЯНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ВОДОСБОРОВ МАЛЫХ РЕК БЕЛАРУСИ НА ИХ СТОК..... 45

ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Бас В.К. <i>Научный руководитель: проф. Русаков К.И.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОТОННЫХ НАНОПУЧКОВ В МИКРОЦИЛИНДРАХ.....	50
Бобылев М.И. <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Шуть В.Н.</i> ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДОСТАВКИ МОЛОКА ОТ СЕЛЬХОЗПРЕДПРИЯТИЙ НА МОЛОКОЗАВОДЫ.....	54
Василюк П.Е., Кулик В.В. <i>Научный руководитель: доцент Шуть В.Н.</i> ДЕТЕРМИНИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЁТА ПЛАНА КООРДИНАЦИИ СВЕТОФОРНОГО ОБЪЕКТА....	55
Власенко С.Н., Латий О.О. <i>Научный руководитель: Хеедчук В.И.</i> ОПЕРАЦИИ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОНИКИ.....	59
Вышинская Н.В. <i>Научный руководитель: проф. Муравьев Г.Л.</i> ПРОЕКТ СИСТЕМЫ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ.....	62
Давидюк Ю.И. <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Савицкий Ю.В.</i> ОСОБЕННОСТИ ПОДХОДОВ К АНАЛИЗУ СИГНАЛОВ ЭКГ.....	63
Демиденко П.В. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА.....	65
Зеневич Е.А., Фомина Н.В. <i>Научные руководители: к.т.н., доцент Махнист Л.П., к.ф.-м.н., доцент Каримова Т.И.</i> МОМЕНТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ.....	68
Климович А.Н. <i>Научный руководитель: проф. Муравьев Г.Л.</i> СПЕЦИФИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТОХАСТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ.....	72
Коваленко В.Ю. <i>Научный руководитель: к.т.н, доцент Костюк Д.А.</i> СРЕДСТВА ИЗОЛЯЦИИ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОРТАТИВНЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ LINUX.....	74
Кочурко В.А., Гречка А.В. <i>Научный руководитель: д.т.н., проф. Головки В.А.</i> ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ РАСПИСАНИЯ РАБОТ МАШИННО-ТРАНСПОРТНОГО ПАРКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	76
Леончук К.И. <i>Научный руководитель: ст. преподаватель Тузик И.В.</i> РАЗДЕЛИТЕЛЬНАЯ ДЕКОМПОЗИЦИЯ ЧАСТИЧНО ЗАДАНЫХ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ.....	80
Мешечек Н.Н., Ущаповская А.Н. <i>Научный руководитель: к.т.н, доцент Костюк Д.А.</i> МОБИЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ И ОТОБРАЖЕНИЯ СХЕМ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ.....	81
Назаров А.Д., Зайкова И.Г. <i>Научный руководитель: доцент Дунец А.П.</i> ПОВЕДЕНИЕ АВТОНОМНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА В ДИНАМИЧЕСКОЙ СРЕДЕ.....	83

Нефедьев А.Ю. <i>Научный руководитель: доцент Дунец А.П.</i> СОЗДАНИЕ АВТОНОМНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА ДЛЯ УЧАСТИЯ В СОРЕВНОВАНИЯХ ROBORACE	85
Никонюк А.Н., Климович А.Н. <i>Научный руководитель: проф. Муравьев Г.Л.</i> СТРУКТУРА И ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СРЕДСТВ ГЕНЕРАЦИИ СЕТЕВЫХ СПЕЦИФИКАЦИЙ	88
Ракитский А.В. <i>Научный руководитель: доцент Ракецкий В.М.</i> РЕШЕНИЕ ПРОСТОЙ ЗАДАЧИ КВАДРАТИЧНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРЯМЫМ ОПОРНЫМ МЕТОДОМ	90
Рыщук А.С. <i>Научный руководитель: проф. Муравьев Г.Л.</i> ТРУДОЁМКОСТЬ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СТОХАСТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ.....	92
Савченко Р.Я. <i>Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Лебедь С.Ф.</i> ИНТЕГРАЛЫ ЭЙЛЕРА	94
Согоян А.Л. <i>Научный руководитель: доцент Шуть В.Н.</i> АЛГОРИТМ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМ ПЕРЕКРЕСТКОМ	96
ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА	
Есавкин А.Э. <i>Научный руководитель: ст. преподаватель Есавкин В.И.</i> ШНЕКОВЫЙ НАСОС	99
Замировский А.В. <i>Научный руководитель: Холодарь Б.Г.</i> ИНЕРЦИОННЫЙ ДИНАМИЧЕСКИЙ ГАСИТЕЛЬ КОЛЕБАНИЙ.....	102
Костючик Ю.И. <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Горбунов В.П.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ СМЕЩЕНИЯ ОСИ ШПИНДЕЛЯ ТОКАРНОГО СТАНКА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ	106
Романюк А.С. <i>Научные руководители: доцент, к.т.н. Григорьев В.Ф., ст. преподаватель Дакало Ю.А.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СИНХРОНИЗИРУЮЩИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС РОТОРНЫХ НАСОСОВ	109
Романюк А.С., Левчук А.Н. <i>Научные руководители: доцент, к.т.н. Григорьев В.Ф., ст. преподаватель Дакало Ю.А.</i> КОНТРОЛЬ ШЕРОХАТОСТИ ЭВОЛВЕНТНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС.....	113
Громада В.В., Янкович Е.И. <i>Научный руководитель: доцент Прокопеня О.Н.</i> СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ДВУХЗВЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА	116
Кучик В.И. <i>Научный руководитель: доцент Прокопеня О.Н.</i> РЕВЕРСИВНЫЙ ПРИВОД МАНИПУЛЯТОРА С ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ.....	119
Гарбачевский В.В., Исмаилов Р.О. <i>Научный руководитель: проф. Сазонов М.И.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАЗМЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ В ПРОЦЕССЕ ОЗОНИРОВАНИЯ	122

Иванов Д.В.
Научный руководитель: ст. преподаватель Саливончик Ю.Н.
МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ
ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОСТОЯНИЯ РЕЗЦОВ ПРИ ТОЧЕНИИ 125

Козловский Ю.В.
Научный руководитель: доцент, к.т.н. Монтик С.В.
ОПТИМИЗАЦИЯ ЗОНЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ 128

Линь Сень (КНР)
Научный руководитель: доцент Медведев О.А.
МЕТОДИКА РАСЧЕТА УВОДА СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ ПРИ ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ
В НАКЛОННЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ 131

Марчук К.А.
Научный руководитель: доцент Медведев О.А.
РАСЧЕТ КОМПЕНСАТОРОВ-ЧЛЕНОВ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО РЯДА ПРИ ДОСТИЖЕНИИ
ТОЧНОСТИ СБОРКИ МЕТОДОМ РЕГУЛИРОВАНИЯ 134

Рачковская О.С.
Научный руководитель: старший преподаватель, Хоронжевский Ю.А.
РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЧЕРНЫХ СПЛАВОВ 138

ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

Бекмирова С.А., Янцевич Т.А.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Шалобыта Т.П.
ТЕХНИЧЕСКАЯ ИЗОЛЯЦИЯ НА ОСНОВЕ ЭЛАСТОМЕРОВ 141

Бренкович Е.С.
Научный руководитель: доцент Сръвкина Л.Г.
СИСТЕМА ОПЛАТЫ ТРУДА НА ОСНОВЕ ГРЕЙДОВ 145

Васильков М.С.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Бранцевич В.П.
ПРОЧНОСТЬ ПЛОСКИХ КОНТАКТОВ СОСТАВНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ 149

Веренич А.А.
Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.
РАСЧЁТ ИЗГИБАЕМЫХ ПЛИТ, ОПЁРТЫХ ПО КОНТУРУ, НА ВЕРТИКАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ 153

Веренич А.А.
Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.
О МЕТОДИКЕ РАСЧЁТА ИЗГИБАЕМЫХ ПЛИТ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ 156

Веренич А.А.
Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.
РАСЧЁТ ИЗГИБАЕМЫХ ПЛИТ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ОПОРАМИ 159

Винник А.Н., Гетман У.А.
Научный руководитель: зав. кафедрой НГиИГ Винник Н.С.
ОПТИМИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ НАГЛЯДНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ 163

Калита Р.О.
Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.
КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА РАСЧЕТА ПЛОСКИХ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ
МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ 165

Калита Р.О.
Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.
УЧЕТ УПРУГОЙ ПОДАТЛИВОСТИ В УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЯХ ПРИ РАСЧЕТЕ РАМ
МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ 168

Калита Р.О. Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И. АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПЛОСКИХ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ... 172	172
Касяник Д.Н. Научный руководитель: к.т.н., доцент Кузьмич П.М. РАСЧЕТ КАЛЕНДАРНЫХ ПЛАНОВ С ВЕРОЯТНОСТНЫМИ ВРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ РАБОТ... 175	175
Кузьмин А.В., Волкович В.А. Научный руководитель: к.т.н., доцент Зуева Л.Ф. СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОПТИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОННОГО ТЕОДОЛИТОВ ОДНОГО КЛАССА ТОЧНОСТИ..... 178	178
Кузьмин А.В., Пенталь В.Ч. Научный руководитель: доцент Срывкина Л.Г. ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕТНОЙ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОРМАТИВОВ РАСХОДА РЕСУРСОВ В НАТУРАЛЬНОМ ВЫРАЖЕНИИ..... 182	182
Ласкевич И.Г. Научный руководитель: к.т.н., доцент Жук В.В. ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МЕТАЛЛОДЕРЕВЯННОЙ ФЕРМЫ С СОСТАВНЫМ ВЕРХНИМ ПОЯСОМ..... 186	186
Лещук Е.В. Научный руководитель: доцент, к.т.н. Жук В.В. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ЗЕЛЕННОЙ КРЫШИ 190	190
Матчан А.В., Савонь И.В. Научный руководитель: ст. преподаватель Воробей А.В. БРЕСТ В ГРАВЮРАХ 193	193
Никитчик Т.А. Научный руководитель: доцент Ширяева Л.А. БРЕСТСКИЙ СВЯТО-НИКОЛАЕВСКИЙ КАФЕДРАЛЬНЫЙ СОБОР В XVIII В. ТРАГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ РОКОКО 196	196
Пашкевич Д.И. Научный руководитель: Марчук В.А. КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ ВОЛОКОН..... 204	204
Пенталь В.Ч., Кузьмин А.В. Научный руководитель: доцент Срывкина Л.Г. ОСОБЕННОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ СМЕТ НА ОСНОВЕ РЕСУРСНОГО МЕТОДА 208	208
Петросюк А.С. Научный руководитель: доцент Ковальчук В.Е. БРЕСТСКАЯ МОНУМЕНТАЛЬНАЯ СКУЛЬПТУРА XXI ВЕКА 212	212
Семенюк О.С. Научный руководитель: доцент Пчелин В.Н. ОЦЕНКА МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ СТРУКТУРНЫХ ПОКРЫТИЙ С БЕСПРОГОННЫМИ УЗЛАМИ ВЕРХНЕГО ПОЯСА 216	216
Семенюк О.С. Научный руководитель: доцент Пчелин В.Н. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-СТЕРЖНЕВЫХ БЕСПРОГОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЯ 220	220
Семенюк О.С. Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И. ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БЕСШАРНИРНЫХ КРУГОВЫХ АРОК, ЗАГРУЖЕННЫХ РАДИАЛЬНЫМИ РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ НАГРУЗКАМИ 224	224

Седляр Т.Н. <i>Научный руководитель: Малиновский В.Н., Шалобьта Н.Н.</i> ВЛИЯНИЕ ОГНЕВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕСУЩЮЮ СПОСОБНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И ПОСТ-НАПРЯЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	230
Седляр Ю.А. <i>Научный руководитель: профессор, к.т.н. Черноиван В.Н.</i> НАРУЖНОЕ СТЕНОВОЕ ОГРАЖДЕНИЕ «ТЕРМИЧЕСКИЙ ЭКРАН»	233
Сивуда Е.С., Денисюк М.Н. <i>Научный руководитель: Кандыбо С.Н.</i> ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА SRTM	237
Сидорук К.С., Савчук М.В. <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Шалобьта Т.П.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЯЧЕИСТОГО СТЕКЛА.....	241
Славиковская Д.А. <i>Научный руководитель: доцент Фоменкова С.Ф.</i> БЛАГОУСТРОЙСТВО АГРОГОРОДКОВ В БЕЛОРУССИИ.....	245
Станчук В.В., Чечун О.А. <i>Научный руководитель: доцент Тур Э.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАЗМЕТОЧНОГО ПРОТИВОСКОЛЬЗЯЩЕГО МАТЕРИАЛА	248
Станчук В.В., Чечун О.А. <i>Научный руководитель: доцент Тур Э.А.</i> НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ РАЗМЕТОЧНОГО ПРОТИВОСКОЛЬЗЯЩЕГО МАТЕРИАЛА	252
Хоронжевская А.Ю. <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Яромич Н.Н.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ СБОРА И ОБРАБОТКИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ СРАВНИТЕЛЬНЫМ МЕТОДОМ.....	256
Цула М.В. <i>Научный руководитель: Панченко Т.А.</i> КОНСТАНТИН МЕЛЬНИКОВ: ЧЕРЕЗ ПРОШЛОЕ В БУДУЩЕЕ.....	259
Чабурко Т.С. <i>Научный руководитель: доцент Арсеньева Л.А.</i> РАЗВИТИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ	263
Червяковский А.В. <i>Научный руководитель: доцент Мордавилко В.И.</i> ПАССИВНЫЙ ДОМ.....	266
Черетович Д.В. <i>Научный руководитель: доцент Ширяева Л.А.</i> ОСОБЕННОСТИ БРЕСТСКОЙ ЭКЛЕКТИКИ	268
Щербач Е.С. <i>Научный руководитель: Панченко Т.А.</i> ИНСТАЛЛЯЦИИ. ПРАКТИКА ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В АРХИТЕКТУРЕ	272
Щербачевич О.В. <i>Научный руководитель: доцент Ширяева Л.А.</i> РЕВИТАЛИЗАЦИЯ КОВРОВОГО КОМБИНАТА В ГОРОДЕ БРЕСТЕ.....	276
СОДЕРЖАНИЕ	280

Научное издание

СБОРНИК КОНКУРСНЫХ НАУЧНЫХ РАБОТ СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ

Часть I

Ответственный за выпуск *Селезнёва С.Н.*

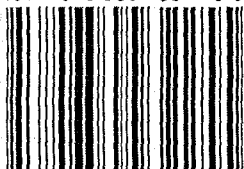
Редактор *Боровикова Е.А.*

Компьютерная вёрстка *Кармаш Е.Л.*

Корректор *Никитчик Е.В.*

Текст печатается в авторской редакции

ISBN 978-985-493-225-5



9 789854 932255

Издательство БрГТУ.

Лицензия № 02330/0549435 от 08.04.2009 г.

Подписано к печати 05.07.2012 г. Формат 60×84 1/16.

Бумага «Снегурочка». Гарнитура «Arial Narrow».

Усл. п. л. 16,62. Уч.-изд. л. 17,88.

Тираж 75 экз. Заказ № 765.

Отпечатано на ризографе Учреждения образования

«Брестский государственный технический университет»
224017, Брест, ул. Московская, 267.