

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

**СБОРНИК КОНКУРСНЫХ  
НАУЧНЫХ РАБОТ  
СТУДЕНТОВ И  
МАГИСТРАНТОВ**

**Часть I**

**Брест 2011**

УДК 624:628;+338:339

**Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов.**

**Рецензент:** директор УНИиОКП «НТЦ» А.Я. Найчук, к.т.н., доцент

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

Издаётся в 3 частях. Часть 1.

ISBN 978-985-493-197-5 (ч. I)

ISBN 978-985-493-196-8

**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.э.н., доцент Козинец М.Т.  
к.т.н., доцент Костюк Д.А.  
к.т.н., доцент Мешик О.П.  
к.т.н., доцент Монтик С.В.  
к.т.н., доцент Филимонова Н.В.

УДК 624:628;+338:339

ISBN 978-985-493-197-5 (ч. I)

~~ISBN 978-985-493-196-8~~

© Издательство БрГТУ, 2011

# **ПРОБЛЕМЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

## **ВОПРОСЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ В СВЕТЕ ЗАКОНА «О МЕЛИОРАЦИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ»**

Закон Республики Беларусь «О мелиорации» был принят Палатой представителей 24 июня 2008 года и одобрен Советом республики 28 июня 2008 г. В дальнейшем в Закон были внесены изменения и дополнения 1 и 15 июля 2010 года. В настоящее время он принят к исполнению всеми структурами государства, занимающимися мелиорацией.

Настоящий Закон определяет правовые основы мелиорации земель и направляет на обеспечение создания и поддержания оптимальных для сельскохозяйственных растений, лесов и иных насаждений водного, воздушного, теплового режимов почв и эффективного использования мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений.

Основной принцип мелиорации заключается в государственном регулировании и управлении в области мелиорации земель, учете мелиоративных систем и надзоре за мелиоративными мероприятиями.

Согласно статье 20 эксплуатация мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений осуществляется пользователями мелиоративных систем или на основании договора на оказание услуг по эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений.

Организация эксплуатации мелиоративных систем осуществляется в соответствии с правилами эксплуатации мелиоративных систем, техническими нормативными правовыми актами и проектами мелиорации земель.

Правила эксплуатации мелиоративных систем приняты постановлением Совета Министров Республики Беларусь 10 июня 2009 г.

Согласно правилам, эксплуатация мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений – это поддержание их в технически исправном, работоспособном состоянии, обеспечение функционирования в режиме, установленном проектом мелиорации земель, путем оказания услуг по ремонту, устранению мелких повреждений, профилактике разрушений и поддержанию в исправном состоянии (технический уход) мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений.

Основные главы правил (всего 15 глав) определяют все виды эксплуатационных работ, их последовательность и периодичность выполнения.

В настоящее время на территории Беларуси имеется около 3417 тыс.га осушенных земель и примерно 115 тыс.га орошаемых. Дренажные системы построены почти на 2232 тыс.га, что составляет 65 % от всей площади осушения. Общая протяженность мелиоративных каналов составляет более 166200 км, дренажа – 964770 км, дамб обвалования – 4443, дороги – 194443 км. На открытой осушительной сети предусмотрено и затем осуществлено строительство 837 стационарных насосных станций различного назначения, 925 прудов и водохранилищ.

В Брестской области осушено земель 788000 га, из которых 699634 га заняты под сельскохозяйственные угодья, 222475 га с механическим водоподъемом. Протяженность открытой сети составляет 40593,3 км, а закрытой 121788 км. Для управления водным режимом на водоприемниках и открытой сети функционирует 366 шлюзов-регуляторов, 7581 труб-регуляторов, 837 мостов, 12375 труб-переездов, 2431 пешеходных мостов и

другие сооружения. В проведении эксплуатационных работ и вывозе сельскохозяйственной продукции задействовано 5941,7 км дорог.

Закрытая сеть представлена колодцами – 7706 шт., устьями – 81257 шт., фильтрами, поглотительными колодцами – 6213 шт. Дамбы обвалования составляют 2736,8 км.

На системах имеются полезащитные полосы, метеопосты, гидрологические посты, створы наблюдательных колодцев за уровнем грунтовых вод, функционирует 271 осушительная насосная станция.

Общая стоимость осушительной сети и сооружений составляет 225318700000 рублей. На балансе ПМС стоимость сети составляет 1186959100000 рублей, это примерно половина от всей стоимости.

На эксплуатационных работах мелиоративных систем Брестской области занято 15 ПМС и 1 ПМК (Жабинка). Самое крупное из них – Пинская ПМС, у которой 93000 га осушенных земель, самое малое – Барановичское ПМС, у которого 18400 га земель.

Областным управлением на эксплуатационные мероприятия затрачено за пятилетку (2006–2010) 374,08 млн.руб. Анализ таблицы показывает, что финансирование увеличено на конец пятилетки более чем в 2,3 раза по сравнению с началом.

Стоимость 1 га осушенных с/х земель в Брестской области составляет 1.696.625,4 руб./га. Эксплуатационные затраты в 2006 составили 69.583 руб./га, а в 2010 161092 руб./га, увеличение составляет более 130 %.

Ремонтно-эксплуатационные работы на мелиоративных системах и рыбоводных прудах выполнялись силами ПМС, Брестводстроя и Пинскводстроя. Общий объем выполненных работ за 2010 год составил 48626,2 млн.руб. из них на мелиоративных системах 19123,8 млн.руб.

От заиления очищено открытых каналов 1087,1 км, сведено дерново-кустарниковой растительности на 2095,1 км каналов, окошено каналов 25679,7 км, отремонтировано всего ГТС 85 шт., агро-мелиоративные мероприятия проведены на площади 6177,5 га.

Производство продукции земледелия в пересчете на кормовые единицы и продуктивность в сельхозпредприятиях за 2009 год со всех земель составили 39,69 кормовых единиц. Пахотные земли обеспечили 48,9 ц.к.ед., а сенокосы и пастбища – 21,0 ц.к.ед.

Эксплуатационные работы осуществляются и на оросительных системах области. Всего под орошением находятся 4360 га, из них 4358 – пахотные земли и 273 га – луговые. Орошение производится в основном дождевальными машинами и устройствами в количестве 59 шт., из них «Фрегат» – 1, «Волжанка» – 28, ДКН-80 – 8, ДД-30 – 24.

Затраты на эксплуатацию оросительных систем составили 93,7 млн.руб. Нужно отметить, что насосными станциями польдерных систем расходовано 21662 тыс.кВт/ч, затраты на эксплуатацию насосных станций составили 10808,5 млн.руб., затраты на оросительные НС составили 250,3 млн.руб.

Анализируя приведенные данные, можно сделать вывод, что в последние годы вопросом эксплуатации мелиоративных систем уделено большое внимание. Государственное субсидирование эксплуатационных мероприятий в значительной мере повлияло на качество выполняемых работ. Предприятия мелиоративных систем (ПМС) во многом обновили парк машин и механизмов. Появились современные экскаваторы, каналочистители и другая техника. Увеличилась заработная плата рабочих службы эксплуатации. Главное в том, что при всех сложностях погодных условий мелиорированные сельскохозяйственные угодья дают устойчивый прирост продуктивности полей.

## СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. О мелиорации земель: Закон Республики Беларусь 23 июля 2008 г. № 423-3 принят Советом Республики 28 июня 2008 г.
2. О некоторых вопросах эксплуатации (обслуживания) и ведения государственного учета мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений: Постановление Совета Министров Республики Беларусь 10 июля 2009 г. № 920.
3. Годовой технический отчет по эксплуатации мелиоративных систем Брестской области за 2009 г. и 2006–2010 гг. / Государственное унитарное предприятие «Брестмелиоводхоз» – Брест.

УДК 628.35

*Берцевич Е.А., Мисливец И.Ю.*

*Научные руководители: доцент, к.т.н. Науменко Л.Е.,  
ст. преподаватель Акулич Т.И.*

### ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ УДАЛЕНИЯ АЗОТА И ФОСФОРА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ Г. БЕРЛИНА

#### Введение

В настоящее время проблема очистки сточных вод от биогенных элементов является актуальной задачей. В городских сточных водах концентрация соединений азота достигает 30–60 мг/дм<sup>3</sup>, фосфора общего – 15–20 мг/дм<sup>3</sup>. После сооружений традиционной биологической очистки концентрация азота снижается на 40%, фосфора на 15–30%. Действующие очистные сооружения бытовых сточных вод не справляются с возросшей в последние годы антропогенной нагрузкой.

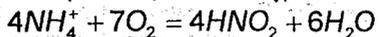
Присутствие соединений азота и фосфора в сточных водах вызывает в водоемах массовое развитие планктона, водорослей, появление привкусов и запахов воды, нарушение кислородного режима и нормальной жизнедеятельности гидробионтов, а в некоторых случаях их гибель; создает дополнительные трудности при очистке воды водоемов, используемой для хозяйственно-питьевых и производственных целей. Присутствие аммиака в водоеме оказывает сильное токсичное влияние на рыб, наличие соединений азота в питьевой воде вызывает онкологические и другие заболевания [1].

Действующим экологическим законодательством предъявляются высокие требования к очистке сточных вод от биогенных элементов.

#### Процессы нитрификации, денитрификации и дефосфатации при очистке городских сточных вод

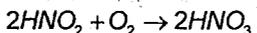
Наиболее распространенный метод глубокого удаления биогенных элементов из сточных вод базируется на традиционной биологической очистке с сочетанием аэробных и анаэробных процессов. Глубокое удаление азота достигается методом нитрификации-денитрификации, а глубокое удаление фосфора – методом биологической дефосфатации.

Нитрификация – сложный многоступенчатый процесс. Первая стадия нитрификации – окисление солей аммония в нитриты – протекает по уравнению:

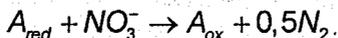


Вторая стадия нитрификации – образование нитратов – начинается только при успешном завершении первой, поскольку избыток аммиака тормозит развитие возбудителя второй стадии нитрификации. Вторая стадия заключается в окислении образовав-

шихся в первой фазе солей азотистой кислоты в соли азотной кислоты. Процесс протекает по уравнению:

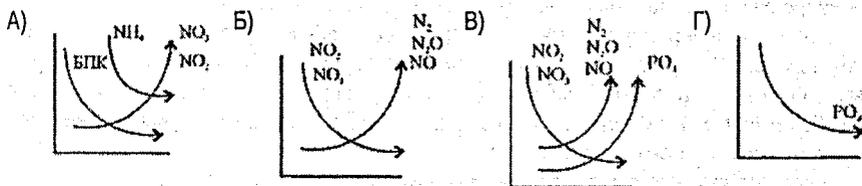


Денитрификация – процесс, при котором связанный кислород отщепляется от  $\text{NO}_2^-$  и  $\text{NO}_3^-$  под действием микроорганизмов и вторично расходуется для окисления органического вещества. Процесс сопровождается выделением в атмосферу свободного азота в форме газа:



Дефосфотация биологическим методом заключается в подготовке бактерий в анаэробных условиях к повышенному потреблению и накоплению фосфора в последующей аэробной стадии.

При использовании технологии глубокого удаления азота и фосфора биологическим методом предполагается искусственное создание различных зон, которые по степени обеспеченности кислородом делятся на три основные: аэробная, аноксидная, анаэробная. Изменение концентраций загрязняющих веществ в различных зонах представлены на рисунке 1.



А – первичная аэробная зона (окисление углеродсодержащей органики, нитрификация); Б – аноксидная зона (денитрификация); В – анаэробная зона (денитрификация, подготовка к дефосфотации); Г – вторичная аэробная зона (дефосфотация)

Рисунок 1 – Зоны аэробности в аэротенках

В мировой практике существует ряд схем сочетания анаэробных и аэробных стадий, предложенных для глубокого удаления биогенных элементов из сточных вод [2].

**Анаэробно-оксидный (А/О)** процесс очистки сточных вод. Наиболее простая схема для одновременного удаления соединений азота и фосфора из сточных вод на высоконагружаемых сооружениях. По этой схеме возвратный ил перемешивается с поступающими сточными водами и подается в анаэробный реактор, затем сточные воды проходят аэробную очистку и поступают во вторичные отстойники.

**Процесс Bardenpho.** Очистка сточных вод начинается с аноксидной стадии, в которой осуществляется денитрификация. В эту зону подаются сточные воды, используемые для денитрификации. Затем следует аэробная стадия, где происходит снижение содержания органических загрязняющих веществ в очищаемых сточных водах и нитрификация. Смесь ила из этой зоны, содержащая нитраты, подается в следующую аноксидную зону денитрификации и одновременно в предыдущую аноксидную зону денитрификации. Процесс заканчивается аэробной зоной, в которой осуществляется нитрификация и частичная дефосфотация.

**Phoredox процесс удаления биогенных элементов.** Представляет собой модификацию Bardenpho. Добавлена дополнительная анаэробная стадия с коротким периодом

пребывания сточных вод (1–3 ч), в которой обеспечивается рост и функционирование фосфорнакапливающих бактерий и стимулируется "жадное" потребление фосфора в последующей аэробной стадии.

**UCT процесс.** Модификация Phoredox процесса с тремя рециркулирующими потоками (а не с двумя, как в предыдущих процессах). Эффективность удаления органических загрязняющих веществ, характеризуемых показателем БПК<sub>5</sub>, составляет в этой порядка 95%, общего азота – 80%, общего фосфора – до 70%.

**Phostrip процесс.** В этом процессе кроме биологического удаления азота и фосфора, используется дополнительное изъятие фосфора (до 95%) с помощью химических реагентов.

### Реализация эффективной технологии очистки сточных вод от соединений азота и фосфора на станции «Шёнерлинде» г. Берлина

В рамках учебно-образовательной программы «Передовые технологии водоснабжения и водоочистных сооружений Германии» студенты и преподаватели кафедры «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» Учреждения образования «Брестский государственный технический университет» ознакомились с технологической схемой, составом сооружений и принципом работы очистных сооружений г. Берлина на примере очистной станции городских сточных вод «Шёнерлинде».

Станция «Шёнерлинде» – третья по производительности станция очистки городских сточных вод. Очистные сооружения построены по проекту Ленинградского института и введены в эксплуатацию в 1985 году. Проектная производительность станции составила 250 000 м<sup>3</sup>/сут. В 2000 году проведена модернизация очистных сооружений с внедрением технологии глубокого удаления биогенных элементов.

Эксплуатационные данные очистных сооружений в настоящее время:

- объем сточных вод – 110 000 м<sup>3</sup>/сут.;
- расход природного газа – 880 м<sup>3</sup>/сут.;
- расход электроэнергии – 22.570.417 квт-ч;
- удельный расход электроэнергии – 0,61 квт-ч/м<sup>3</sup>;
- выработка электроэнергии – 3.797.650 квт-ч.

В таблице 1. приведены показатели качества сточных вод, степень очистки, предприятия Европейского Союза и требования г. Берлина, предъявляемые к очищенным сточным водам, сбрасываемым в водный объект.

Таблица 1 – Эффективность очистки сточных вод на станции «Шёнерлинде» г. Берлина

Показатель	На входе, мг/дм <sup>3</sup>	На выходе, мг/дм <sup>3</sup>	Степень очистки, %	Требования (Берлин), мг/дм <sup>3</sup>	Требования, ЕС	
					мг/л	Степень очистки, %
ХПК	809,0	37,0	95,0	65,0	125,0	75,0
БПК <sub>5</sub>	356,0	2,3	99,0	15,0	25,0	70,0-90,0
Взв. в-ва	344,0	3,1	99,0	20,0	35,0	90,0
Р <sub>общ</sub>	12,4	0,28	98,0	1,0	1,0	80,0
NH <sub>4</sub> -N	62,5	0,37	99,0	5,0/10,0	–	–
N <sub>неорг.</sub>	62,5	11,7	88,0	14,0/20,0	–	–
N <sub>общ</sub>	82,0	11,9	86,0	–	13,0	70,0

Анализ данных таблицы 1 показал, что на очистных сооружениях достигается более высокая степень очистки, чем требования г. Берлина и Европейского Союза.

На рисунке 2 представлена технологическая схема очистки городских сточных вод на станции «Шёнерлинде» г. Берлина.

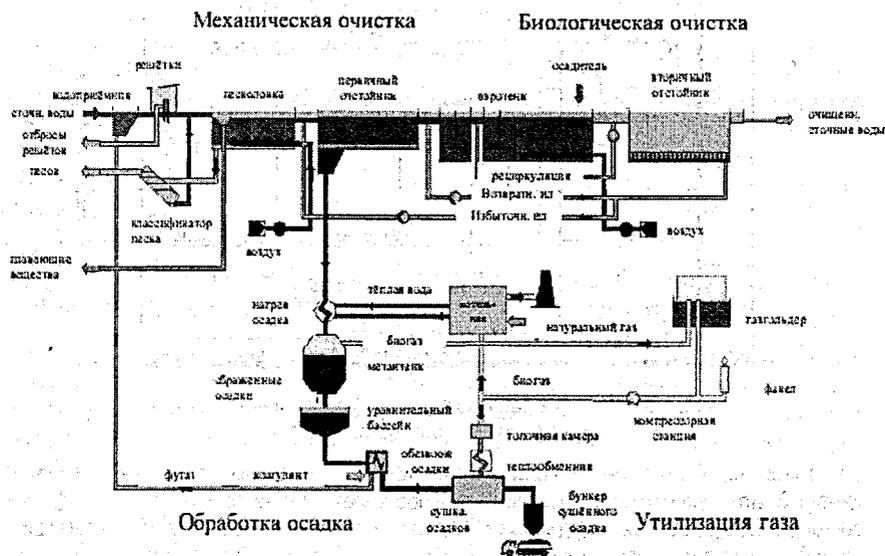


Рисунок 2 – Технологическая схема очистки городских сточных вод на станции «Шёнерлинде» г. Берлина

Сточные воды поступают в приемную камеру и далее направляются на сооружения механической очистки: решетки, горизонтальные аэрируемые песколовки и горизонтальные первичные отстойники. В песколовках задержанные загрязнения удаляются в классификатор песка, где происходит его обезвоживание.

В первичные отстойники подается избыточный активный ил, что интенсифицирует процесс осаждения взвешенных веществ и улучшает биологическую очистку в аэротенках. В аэротенках осуществляется биологическая очистка сточных вод от органических соединений и биогенных элементов совместно с химическим осаждением соединений фосфора. Осветленные сточные воды из вторичных отстойников сбрасываются в озеро.

Смесь осадка и избыточного активного ила из первичных отстойников направляется на сбраживание в метантенки. Биогаз, выделившийся в метантенках, поступает в газгольдер, а сброженный осадок подается на стадию обезвоживания, сушки и сжигания в топочной камере. На очистной станции биогаз используется для работы котлов, обеспечивающих обогрев помещений станции и нагрев осадка в метантенках.

Схема работы аэротенков с глубоким удалением азота и фосфора на станции «Шёнерлинде» г. Берлина представлена на рисунке 3.

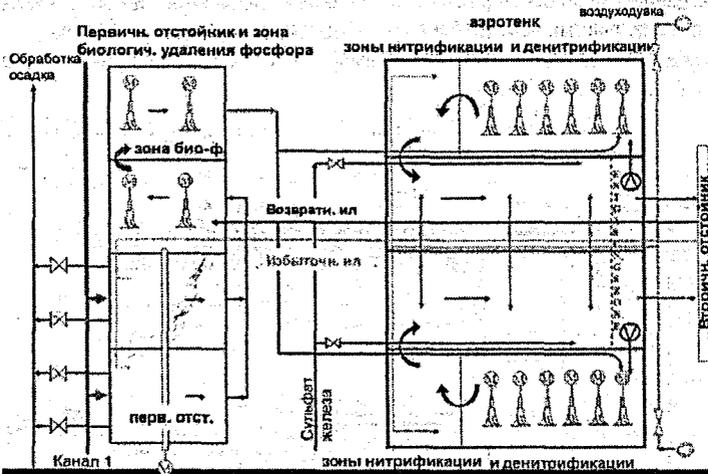


Рисунок 3 – Схема работы сооружений биологической очистки на станции «Шёнерлинде» г. Берлина

Сточная вода поступает в первичные отстойники, куда также подается избыточный активный ил. Осветленная сточная вода поступает в зону биологического удаления фосфора (дефосфотация), куда также подается возвратный активный ил. Перемешивание сточных вод и активного ила осуществляется погружными мешалками.

Далее иловая смесь поступает в зону денитрификации аэротенка, в которую для обеспечения процесса очистки из зоны нитрификации подается рециркуляционный расход нитратсодержащей смеси. Затем сточные воды с активным илом направляются в аэробную зону, где происходит процесс нитрификации. В эту же зону добавляют коагулянт сульфат железа дозой  $1,5 \text{ мг/мг PO}_4^{3-}$  для осаждения фосфора. Во вторичных отстойниках происходит осаждение активного ила и соединений фосфора в виде нерастворимых соединений.

Анализ работы очистных сооружений водоотведения станции «Шёнерлинде» г. Берлина показал возможность интенсификации процесса биологической очистки городских сточных вод с эффективным удалением биогенных элементов при совместном использовании процессов нитрификации-денитрификации и химических методов удаления соединений фосфора. Внедрение такой технологии позволит сбрасывать сточные воды в водоёмы, не загрязняя их органическими веществами и биогенными элементами.

### Заключение

В работе выполнен аналитический обзор существующих методов очистки сточных вод от биогенных элементов, исследованы различные технологические схемы глубокой очистки сточных вод от соединений азота и фосфора.

Обоснованы преимущества и условия применения процессов нитрификации, денитрификации совместно с химическими методами удаления соединений фосфора из городских сточных вод.

На основании исследований показано, что применение совместной очистки сточных вод биологическими и реагентными методами на базе существующих сооружений обеспечивает высокую степень очистки от соединений азота более 85% и соединений фосфора – более 95,0%.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Залетова, Н.А. Удаление азота и фосфора для городских станций аэрации / Н.А. Залетова // Водоснабжение и санитарная техника. – № 9. – 1993. – С. 3–5.
2. Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками – Н.С. Жмур – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.

УДК 349.4.008.6(476)

**Бирук Е.Н.**

**Научный руководитель: д.г.н., профессор Волчек А.А.**

### ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ СТРУКТУРЫ ЗЕМЕЛЬНЫХ УГОДИЙ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ (НА ПРИМЕРЕ ПИНСКОГО РАЙОНА)

Сельское хозяйство является не только ядром агропромышленного комплекса, но и одним из главных факторов деградации окружающей среды. Это связано с огромным территориальным охватом и воздействием аграрного сектора на природу посредством обработки земель, выпаса животных, применения продуктов химии и т.д.

В настоящее время рост применения искусственных средств производства скрывает за собой падение естественного плодородия. Минеральные удобрения по своей сути являются искусственным средством увеличения плодородия, и широкое их применение ведет к расходу созданных природой почвенных резервов, за счет чего и скрывается падение природного плодородия, о чем, в частности, свидетельствует уменьшение запасов гумуса в ряде пахотных почв. Резкий рост искусственного плодородия за счет увеличения применения минеральных удобрений, пестицидов, техники сначала приводит к увеличению экономического плодородия и к падению естественного плодородия, после снижения которого ниже уровня «экологического порога» происходит падение и экономического плодородия, несмотря на возможное резкое увеличение затрат в увеличение искусственного плодородия.

По мнению многих ученых, существует объективный природный предел, порог снижения естественного плодородия, называемый экологическим порогом при приближении к которому вся техническая мощь человека, созданные им высокопроизводительные искусственные средства производства становятся все менее эффективными.

Естественное плодородие присуще всем почвам, но по мере освоения человеком новых территорий площадь почв сокращается. Оно обусловлено комплексом свойств почв и зависит от климатических условий. Это плодородие проявляется как потенциальное, т.е. отражающее возможности, заключенные в почве, но в силу различных причин не проявляющееся полностью.

Под влиянием положительного воздействия человека на почву создается новое искусственное плодородие, которое может быть потенциальным и эффективным. Создаваемое искусственное плодородие зависит от совершенствования земледельческих знаний и техники. Эффективное плодородие обусловлено исторической ступенью развития человеческого общества, его производительных сил, производственных отноше-

ний, науки и техники. Эффективное плодородие выражается в величине получаемого урожая возделываемых культур.

Искусственное плодородие в сочетании с естественным образует экономическое плодородие.

Для оценки плодородия на территории Пинского района были использованы статистические данные по Брестской области в разрезе периода 1990–2010 гг.

В таблице 1 представлена структура посевных площадей сельскохозяйственных культур в сельскохозяйственных предприятиях.

**Таблица 1** – Структура посевных площадей сельскохозяйственных культур в сельскохозяйственных предприятиях по Пинскому району, тыс. га

Наименование посевных культур	1990	2000	2010
Вся посевная площадь	83,39	86,54	89,68
Зерновые и зернобобовые культуры	38,61	36,17	39,05
Технические культуры	4,34	5,80	8,49
Картофель	4,25	7,10	7,35
Овощи	0,50	0,52	1,63
Кормовые культуры	35,69	42,14	33,17

В таблице 2 представлена урожайность основных сельскохозяйственных культур (ц с 1га посевной площади) в сельскохозяйственных предприятиях.

**Таблица 2** – Урожайность основных сельскохозяйственных культур (ц с 1га посевной площади) в сельскохозяйственных предприятиях по Пинскому району

Наименование посевных культур	1990	2000	2010
Вся урожайность	66,74	159,43	83,23
Зерновые и зернобобовые культуры	2,91	2,10	3,24
Технические культуры	0,48	0,53	0,94
Картофель	16,88	11,52	15,49
Овощи	16,98	120,66	23,04
Кормовые культуры	29,49	24,63	40,52

На основании данных таблиц произвели расчет валовой урожайности по Пинскому району. Данные расчета представлены в таблице 3.

**Таблица 3** – Валовая урожайность сельскохозяйственных культур по Пинскому району

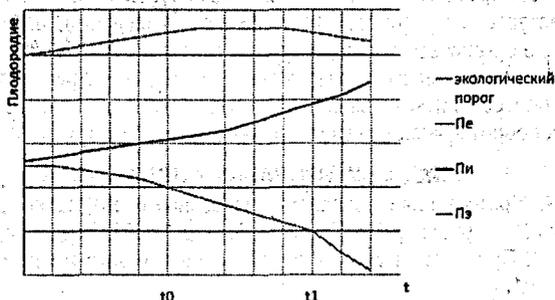
Наименование посевных культур	1990	2000	2010
Вся урожайность	5565,75	13796,41	7464,44
Зерновые и зернобобовые культуры	112,34	75,80	126,41
Технические культуры	2,07	3,05	8,01
Картофель	71,80	81,74	113,85
Овощи	8,50	62,65	37,52
Кормовые культуры	1052,66	1037,92	1343,92

Количество внесенных минеральных и органических удобрений под посевы в сельскохозяйственных предприятиях представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Количество внесенных минеральных и органических удобрений под посевы в сельскохозяйственных предприятиях

	1900		2000		2010	
	минеральные	органические	минеральные	органические	минеральные	органические
Внесено удобрений, всего тыс.т	200,5	12,9	125,5	7,4	203,1	8,1
В расчете на 1 га	260	16,7	178	10,5	303	12

На основании данных по Пинскому району построены графики естественного, искусственного и экономического плодородия (рисунок 1).



$P$  – плодородие;  $Pз$  – экономическое плодородие;  $Pе$  – естественное плодородие;  $Pи$  – искусственное плодородие.

Рисунок 1 – Экономическое и естественное плодородие

Как видно на схеме, резкий рост искусственного плодородия за счет увеличения применения минеральных удобрений, пестицидов, техники может привести к увеличению экономического плодородия (на схеме временной период  $0-t_0$ ). Однако в случае продолжения тенденции падения естественного плодородия, после его снижения ниже уровня «экологического порога» (точка, соответствующая времени  $t_1$ ) происходит падение и экономического плодородия, несмотря на возможное резкое увеличение затрат в увеличение искусственного плодородия.

Значение простого и расширенного воспроизводства естественного плодородия в динамике для максимизации производства сельскохозяйственной продукции можно представить следующим образом:

$$\begin{aligned} & \max P_3(K, t), \\ & P_3(K, t) = P_e(K, t) + P_u(K, t), \\ & P_e(K, t) \leq P_e(K, t+1), \end{aligned}$$

где  $K$  – инвестиции,  $t$  – время ( $t=1, \dots, n$ ).

Верхняя формула является модификацией соотношения с учетом фактора времени и инвестиций. Смысл приведенной модели является следующим: для максимизации экономического плодородия распределение инвестиций в увеличение естественного и искусственного видов плодородия должно быть таким, чтобы естественное плодородие не уменьшалось во времени. Тем самым соотношение  $P_e$  (нижняя формула) является важнейшим и необходимым условием устойчивого развития сельского хозяйства (но не достаточным условием).

Большое влияние на спад в сельском хозяйстве оказывает ухудшающаяся экологическая ситуация в аграрном секторе, которая ведет к экологическому кризису в сельском хозяйстве. Внешними проявлениями этого кризиса стали крупномасштабная деградация и потери сельскохозяйственных угодий из-за эрозии, уменьшение содержания в почве гумуса и питательных веществ, заболачивание, перегрузка тяжелой техникой, падение естественного плодородия, загрязнение водных ресурсов химическими продуктами и отходами животноводства. Уменьшение естественного плодородия, выражающееся прежде всего в сокращении самого плодородного, гумусного горизонта почвы и уменьшении содержания гумуса в почве, является довольно известным процессом. Потери органического вещества восполняются лишь на одну треть.

Для предотвращения экологического кризиса необходимо выполнять мероприятия по возрождению естественного плодородия. К ним относятся прежде всего борьба с эрозией почв, применение органических удобрений, агролесомелиорация, культуртехническая мелиорация, травосеяние, известкование кислых почв, минимизация техногенного воздействия на почвы, почвозащитные технологии, биологические методы защиты растений, оптимальные севообороты, чистые пары и другие сельскохозяйственные технологии.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гришина, Л.А. Организация и проведение почвенных исследований для экологического мониторинга / Л.А. Гришина, Г.Н. Копчик, Л.В. Моргун – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 82 с.
2. Мотузова, Г.В. Принципы и методы почвенно-химического мониторинга. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 101 с.
3. Мотузова, Г.В. Содержание, задачи и методы почвенно-экологического мониторинга / Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – С. 80–104.
4. Сводные данные 9 тура и динамика агрохимических показателей почв Пинского района между 8 и 9 турами обследования (1994–1999 гг.) – КУСХП «Брестская обл. проект-изыск. станция химизации», 1999.
5. Сводные данные 11 тура и динамика агрохимических показателей почв Пинского района между 10 и 11 турами обследования (2003–2007 гг.) – КУСХП «Брестская обл. проект-изыск. станция химизации», 2007.

УДК 621.92.001.891.57:744

*Бурак Е.В., Кравчук С.А.*

*Научный руководитель: доцент Житенева Н.С.*

### ПОСТРОЕНИЕ ЛИНИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ И РАЗВЕРТОК РАЗЛИЧНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

AutoCAD — двух- и трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения, разработанная компанией Autodesk. Первая версия системы была выпущена в 1982 году. AutoCAD и специализированные приложения на его основе нашли широкое применение в машиностроении, строительстве, архитектуре и других отраслях промышленности. Программа выпускается на 18 языках. Русскоязычная версия

Система AutoCAD позволяет выполнять достаточно сложные трехмерные построения и отображать их на разных видовых экранах с различных точек зрения. Механизм пространства листа и видовых экранов дает возможность разрабатывать чертежи с видами и проекциями трехмерных объектов, построенных в пространстве модели.

В работе мы решали следующие задачи.

Построить полные развёртки двух пересекающихся призм. Нанести на них линию пересечения поверхностей.

Для построения развёртки продлеваем одну из сторон основания четырёхугольника и откладываем на ней длину остальных сторон. К развёртке четырёхугольника основания добавляем высоту призмы. Получается развёртка боковых сторон призмы. Одна из проекций основания уже на месте. Сносим ее копию по боковой стороне и симметрично отражаем наружу рисунка. Наносим линию пересечения. Полная развёртка четырёхугольной призмы готова (нами решены несколько задач с различным условием).

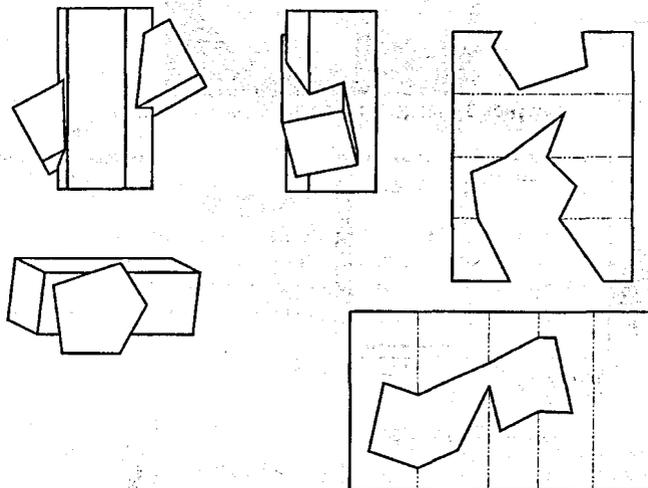


Рисунок 1 – Построение трех видов и развёртки

При работе в AutoCAD 2011 построение линий пересечения объектов производится автоматически. Для этого используется команда «Объединения». В результате автоматически появится линия пересечения.\*

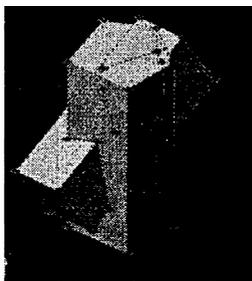


Рисунок 2 – Построение наглядного изображения

Кроме того, в данной работе проводились исследования построения разверток геометрических объектов с использованием графических редакторов, в частности при помощи программы Pepakura Designer и Plate'n' Sheet Development. Программа Pepakura Designer совместима с различными форматами 3D моделей, созданных в программах

3Dstudio, Lightwave, AutoCad и др. Программа создает развертку 3-мерного изображения для последующей печати на принтере. Причем программа выдаст вам изображение с уже размеченными областями для вырезания и склеивания модели.

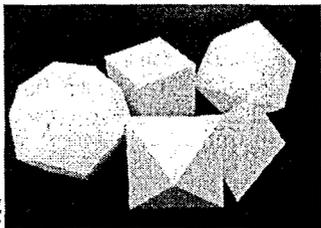


Рисунок 3 – Модели правильных многогранников

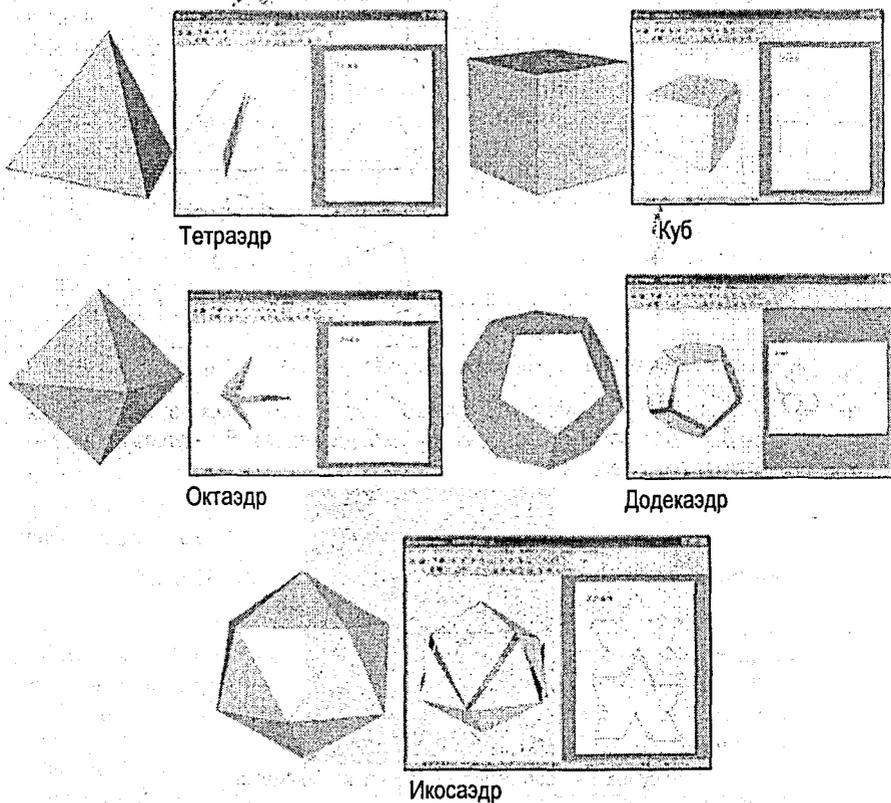


Рисунок 4 – Развертки правильных многогранников

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ТАЛОЙ ВОДЫ, СОБРАННОЙ ОКОЛО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ Г. БРЕСТА И БРЕСТСКОГО РАЙОНА, НА ПРОРАЩИВАНИЕ СЕМЯН ФАСОЛИ И ГОРОХА

К приоритетным направлениям научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2011–2015 годы, утвержденным Указом Президента Республики Беларусь от 22 июля 2011 г. № 378, относят рациональное природопользование и охрану окружающей среды, неотъемлемой частью которых является и наблюдение за тяжелыми металлами (относятся к основным загрязняющим веществам), обязательные во всех средах.

В связи с возрастающими масштабами техногенного загрязнения почв, особенно в пригородных зонах промышленных центров, вдоль автомобильных дорог с интенсивным движением необходим постоянный контроль за почвой и гигиеническая оценка производимой на ней продукции.

Растения, будучи чуткими индикаторами геохимической среды, накапливают металлы из загрязненных почв и воздуха и могут аккумулировать самые разные металлы в зависимости от характера промышленного загрязнения. На данный момент еще не изучено влияние тяжелых металлов при повышенных концентрациях на урожай, качество растениеводческой продукции.

В программе мониторинга окружающей среды свинец отнесен к приоритетным токсическим элементам. Это обусловлено как тенденциями развития современной промышленности, так и его физиолого-биохимическими особенностями.

Доступность свинца растениям в значительной степени зависит от того, насколько они прочно связаны в почве. Поведению этих металлов в почве посвящено большое количество публикаций, в которых ключевой вопрос о механизмах связывания свинца (II) остается дискуссионным.

Известно, что внесение извести и удобрений, особенно органической природы, в значительной степени может изменить поведение элементов в почве [7, 9] и, следовательно, его доступность растениям.

Содержание в почве тяжелых металлов и сопряженная с этим транслокация их в растения – сложный процесс, на который влияет множество факторов. Чтобы понять механизм воздействия каждого из них, следует изучать влияние отдельных факторов на фитотоксическое действие тяжелых металлов в условиях эксперимента.

Одним из основных источников загрязнения окружающей среды является транспорт. Ю.В. Новиков в книге «Экология, окружающая среда и человек» (1998) отмечает, что интенсивный рост моторных транспортных средств вызвал значительное загрязнение атмосферного воздуха выхлопными газами. Все это пагубно влияет как на растительный, так и на животный мир. 30% заболеваний горожан связаны с загрязненностью воздуха выхлопными газами.

В.А. Вронский описывает пагубное влияние выхлопных газов на зеленые насаждения. У растений, произрастающих вдоль дорог, происходит побледнение окраски листьев, отмирание ограниченных участков ткани листа (точечные, пятнистые; краевые, верхушечные некрозы). Отмечается низкорослость и изрежение кроны (особенно у хвойных пород), гибель растений [5].

Л.С. Белоконов в своей публикации обращает внимание на то, что в результате выбросов автомобильных двигателей обогащается атмосфера рассеянным свинцом, доседаю-

щим на поверхности почвы (в придорожной зоне) в виде мелких твердых частиц или рассеивающихся в воздухе в виде аэрозолей. Растения придорожных районов накапливают свинец в своих органах, усваивая его преимущественно из почвы. Растущие вдоль дорог растения становятся пищей для животных. В результате чего свинец накапливается в организме животных, вызывая обширные патологические изменения в нервной системе, крови, сосудах [2].

Целью нашей исследовательской работы являлось определение влияния вредных веществ – выхлопных газов автотранспорта (свинца), находящихся в талой воде, на рост растений.

Изучив литературу, мы предположили, что для человека потребление ягод и грибов, произрастающих вдоль дорог, вредно для здоровья. Поэтому мы решили исследовать, как влияют выхлопные газы на растения, на примере фасоли обыкновенной, фасоли спаржевой и гороха сахарного, т.к. они наиболее доступны для выращивания в комнатных условиях и быстро растут. Было определено пять групп растений каждого вида – 2 контрольные и 3 опытные. Семена растений были замочены в соответствующей для каждой группы воде. Наблюдение за прорастанием семян растений длилось 10 дней. Изменения фиксировались каждый день. Исследовательская работа проводилась с февраля по март 2011 г.

Местом своего исследования мы выбрали наиболее оживленные участки дорог города Бреста (район ул. Московская около Вычулок), район кладбища на Плоске и участок около автомагистрали М1 (остановочный пункт Щебрин), контрольными – отстоявшуюся 3 дня водопроводную воду (м-н Ковалево) и кипяченую водопроводную воду. Снег исследовали на наличие свинца по стандартной методике № 1 [1].

Определение наличия свинца в пробах снега.

1. Берутся образцы снега в исследуемых районах (вдоль дорог, в лесу и др.).
2. Пробы поместить в разные пробирки. Объем разных проб должен быть одинаков.
3. Добавить во все пробы строго одинаковое количество спирта и воды (водки). Затем некоторое время полученный раствор упаривать.
4. Добавить к раствору  $\text{Na}_2\text{S}$  (сернистый натрий).

В результате в растворе выпадет черный осадок, что будет свидетельствовать о наличии свинца.

При использовании методики №1 было выявлено наличие свинца в пробах снега, взятых вдоль дорожной магистрали (ул. Московская, район Вычулки), около автомагистрали М1 (остановочный пункт Щебрин). При сравнении проб, в пробах снега, собранного в районе Плоски содержание свинца незначительно, что, скорее всего, связано с удаленностью от автодорог с интенсивным движением транспорта (более 100 м), а в контрольных образцах – свинец не обнаружен.

Таблица 1 – Определение наличия свинца в пробах снега

Пробы снега	Добавление реактива	Результат
Плоска	+ $\text{Na}_2\text{S}$	Чёрный осадок (незначительное количество)
Вычулки	+ $\text{Na}_2\text{S}$	Чёрный осадок (наличие свинца)
Щебрин,	+ $\text{Na}_2\text{S}$	Чёрный осадок (наличие свинца)
Кипяченая вода	+ $\text{Na}_2\text{S}$	Нет осадка
Водопроводная вода	+ $\text{Na}_2\text{S}$	Нет осадка

Для исследования мы взяли семена фасоли обыкновенной, фасоли спаржевой и гороха сахарного одного урожая и сорта, поместили по 10 семян в предварительно простерилизованные емкости и налили на дно каждой из них соответствующую воду (предварительно подписав):

Щебрин – пробы снега были взяты около автомагистрали М-1 (Щебрин).

Водопроводная – водопроводная отстоявшаяся вода (контрольная).

Мост (Вычулки) – пробы снега были взяты вдоль ул. Московская в районе Вычулок.

Кипяченая – кипяченая вода, отстоявшая 3 дня в серебряном кубке (контрольная).

Плоска – талая вода из снега, собранного в районе Плоска (дорога около церкви).

Контрольные семена дали корешки на 2 и 3 день, опытные – горох на 3 день, а фасоль спаржевая на 5–8 день, обыкновенная фасоль на 7–10 день.

Весь опыт занял десять дней.

Таблица 2 – Результаты исследования

Пробы взяты:	Появление корешков у замоченных семян (на какой день)		
	Фасоль обыкн.	Горох сахарный	Фасоль спаржевая
Щебрин	10 день – 1 шт. 0.2 мм	3 день – 1шт. 0.05см	8 день – 3 шт. 0.1 мм
Плоска	6 день – 3 шт. 0.2 см	3 день – 5шт. 0.01см	5 день
Вычулки (Московская)	8 день – 0.1 мм единичные	3 день – 6 шт. 0.01-0.1см	7 день – 2шт. 0.1 см
Кипяченая	4 день	2 день 0.01–0.2см	4 день
Водопроводная	4 день	2 день 0.02см	3 день 0.3–0.6см

Первый день наблюдения за семенами: результатов нет.

Второй день: проклюнулись все семена гороха в контрольных пробах, на 3 день проклюнулось половина семян проб Щебрин и все семена гороха проб (Вычулки и Плоска).

На третий-четвертый день опыта – проросли все семена фасоли в контрольных пробах.

Пятый-шестой день – прорастание семян фасоли в пробах (Плоска) составило 60–70%.

Седьмой-восьмой день – прорастание семян фасоли в пробах (Вычулки) – 60%.

На 8–10 день (окончание опыта) – прорастание семян фасоли в пробах (Щебрин) составило 20-30 % от общего количества семян.

Выводы по проделанной работе:

1. Вдоль дорожных магистралей в снегу за зиму накапливается большое количество свинца.
2. На расстоянии 100 метров от автодорог в снегу свинца меньше, чем непосредственно вдоль дороги.
3. Наличие свинца оказывает наиболее сильное влияние на прорастание семян фасоли, замедляя и угнетая зародыши семян, менее заметно влияние на семенах гороха сахарного.
4. Растения, произрастающие вдоль дорожных магистралей, весной, при таянии снега в период интенсивного роста накапливают свинец в своих органах.
5. Свинец может попасть в организм человека через ягоды, грибы, лекарственные растения, произрастающие у автодорог.

Опираясь на результаты и проанализировав выводы, мы рекомендуем жителям города Бреста:

- не употреблять в пищу растения, растущие вблизи дорог;
- собирать ягоды, грибы и лекарственные растения вдали от автомобильных дорог;
- высаживать вдоль дорожных магистралей растения, устойчивые к загрязнению окружающей среды, для ограничения попадания вредных веществ выхлопных газов в лесные массивы.

Снижение выброса вредных веществ в атмосферу возможно при внедрении новых прогрессивных технологических процессов, герметизации существующего технологического оборудования, увеличение единичной мощности производственных агрегатов, разработки новых видов катализаторов.

Несмотря на наличие территорий, загрязненных свинцом, работы по их реабилитации в настоящее время проводятся в очень ограниченных масштабах.

В решении проблем свинцового загрязнения окружающей среды существенную роль может сыграть экологическое движение страны, включающее соответствующие экологические программы в учебных заведениях Беларуси.

Неправительственные организации могли бы более активно участвовать в формировании национального сознания и национальной политики по предотвращению свинцового загрязнения окружающей среды, реализовывать образовательные, просветительские, контрольные и агитационные функции в процессе выполнения природоохранных программ, обмениваться соответствующей информацией с научно-образовательными и общественными учреждениями, организациями других стран.

Через средства массовой информации образовательные и общественные организации можно также осуществлять информирование учащихся и населения по проблемам свинцовой опасности.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авдеева, С.П. Методический вестник / С.П. Авдеева, Е.Е. Павлова, Г.В. Липецкий – Новый Уренгой, 2003. – 102 с.
2. Зырин, Н.Г. Сорбция свинца и состояние поглощённого элемента в почвах и почвенных компонентах / Н.Г. Зырин, Т.А. Соколова // Почвоведение. – 1986 – № 4. – С. 39–46.
3. Лозановская, И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / И.Н. Лозановская, Д.С. Орлов – М.: Высшая школа, 1998. – 240 с.
4. Савич, В.И. Определение уровня загрязнения почв и растений тяжёлыми металлами / В.И. Савич, И.С. Оконская // Химизация сельского хозяйства. – 1992. – № 1 – 65 с.
5. Тяжелые металлы и здоровье человека // Земледелие – 1998. – № 3 – 22 с.
6. Геохимия тяжёлых металлов в природных и техногенных ландшафтах / Под ред. Глазковской. – М.: МГУ, 1983. – 342 с.
7. Отраслевые стандарты. Методы агрохимических анализов почв. – М., 1977.

УДК 631.6.626.812

**Волкова М.А., Онижук В.Л.**

**Научный руководитель: д.г.н., профессор Волчек А.А.**

#### ТЕХНОЛОГИЯ СОХРАНЕНИЯ РОДНИКОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ

Источником (родником, ключом) называется естественный выход подземной воды на земную поверхность. Выход подземных вод на поверхность обуславливается тремя, часто связанными между собой, факторами:

- расчленением местности, т. е. пересечением водоносных горизонтов эрозионными и другими отрицательными формами современного рельефа — речными долинами, балками, оврагами, распадками, озерными котловинами и т. п.;
- структурно-геологическим строением местности, т. е. наличием открытых тектонических трещин, зон тектонических нарушений, антиклинальных складок с нарушенными сводами, крыльями и пр.;
- наличием в районе интрузий (процесс внедрения в толщу земной коры расплавленной магмы) и даек (пластикообразное геологическое тело, ограниченное параллельными плоскостями и секущими вмещающими породами), в зонах контактов которых с осадочными породами могут образоваться открытые трещины, выводящие на поверхность подземные воды.

Кроме того, в осадочных породах, в самих интрузиях и дайках по трещинам также могут выходить на поверхность подземные воды.

По связи с безнапорными и напорными водами различают нисходящие и восходящие источники.

По приуроченности к отдельным типам подземных вод можно выделить источники: 1) питающиеся верховодкой; 2) грунтовых поровых вод; 3) трещинных вод; 4) карстовых вод; 5) артезианских вод.

1. Источники, питающиеся верховодкой, характеризуются резкими эпизодическими колебаниями дебита, температуры и состава, зависящими в основном от изменения метеорологических условий района распространения этих источников.

2. Источники грунтовых поровых вод являются нисходящими; дебит, температура и состав их подвержены сезонным и в меньшей степени эпизодическим колебаниям, которые обусловлены также в основном изменением метеорологических условий района.

3. Источники грунтовых и напорных трещинных вод бывают нисходящие и восходящие. Первые связаны с трещинами зоны выветривания магматических, метаморфических и осадочных горных пород. От источников грунтовых поровых вод они отличаются тем, что обычно имеют более концентрированные сосредоточенные выходы.

Восходящие источники приурочены к отдельным тектоническим трещинам сбросового типа и зонам тектонических нарушений, пересекающих и дренирующих систему трещин зоны выветривания. Эти источники питаются напорными трещинными водами.

4. Источники грунтовых и напорных карстовых вод встречаются как нисходящие и восходящие. Они отличаются большим разнообразием условий выхода на поверхность. Питаются карстовыми водами, широко распространенными в районах развития карбонатных (известняки, доломиты, мергели), сульфатных (гипсы, ангидриты) и соленосных горных пород.

Переменяющиеся источники характеризуются резким непостоянством дебита во времени; действуя по принципу сифона, они дают то большие дебиты, то очень малые, вплоть до прекращения выхода воды. Связаны подобные источники с зоной, залегающей выше уровня карстовых вод.

Постоянные источники связаны с крупными трещинами, подземными каналами, горизонтальными пещерами, развитыми в зоне распространения основных карстовых водоносных горизонтов. Дебит этих источников иногда достигает нескольких кубических метров в секунду, причем часто имеет резкие колебания по сезонам года.

Субмаринные источники приурочены к подземным карстовым каналам, залегающим ниже уровня воды в водоеме. Характерной особенностью этих источников является периодичность их выхода под водой в зависимости от соотношения давлений в канале и над головками источников.

5. Источники артезианских вод являются восходящими, связаны они с напорными водами артезианских бассейнов и склонов. На территории артезианских бассейнов источники выходят в долинах рек, оврагах, озерных котловинах, складках, трещинах сбросового характера, зонах контактов интрузий и даек, с осадочными горными породами, находящимися в областях напора и разгрузки.

Интерес к изучению родников вызван ландшафтным и хозяйственным их значением. Выходы подземных вод на поверхность не только создают предпосылки развития гидрологической сети, но и обуславливают своеобразие условий увлажнения, что отражается в почвообразовательном процессе и характере растительного покрова. Родниковая фауна является важным компонентом общего биологического разнообразия водоемов. Вокруг родников формируются уникальные растительные сообщества, где произрастают редкие виды растений. Родники имеют большое значение в процессе поддержания стабильности окружающих их наземных биоценозов, а также формировании болотных, аллювиальных и озерных ландшафтов. В сельской местности родники часто используются в качестве источника питьевой воды. Вода, как правило, в родниках чистая, имеет хороший вкус и может быть лечебной. Кроме гидрологических функций, родники играют значительную роль в социальной и духовной жизни людей. В настоящее время родники, помимо прочего, имеют важное значение в развитии туризма. Такие родники, нередко, оборудованы часовнями, где находятся иконы, украшенные рушниками.

Анализ родников Брестской области по морфологии выходов подземных вод на поверхность позволяет разделить их на три типа: собственно родники (реокрены), ключи (лимнокрены) и топи (геокрены) [Грибко, Карлук, 2001]. Топи, наиболее широко распространенные в области родники, находятся в заболоченных понижениях.

Собственно родники (реокрены) образуются на пересеченной местности и имеют четко выраженный выход грунтовых вод на поверхность.

В связи с густой гидрографической сетью, относительно ровной местностью и высокой заболоченностью в области имеется значительное количество субмаринных источников (лимнокренов). Они представляют собой выход грунтовых вод в виде ключей на дне водоемов (рек, озер, мелиоративных каналов и т.д.).

Среди родников наибольшее распространение, наряду с каптажными и переливающимися, получили эрозийные родники, появившиеся в результате активных антропогенных воздействий на системы речной сети и при устройстве мелиоративной сети, вызвавших вскрытие водоносных горизонтов.

Мелиоративные преобразования территории существенно отразились на состоянии родников. Общее снижение уровня грунтовых вод явилось одной из основных причин ухода воды из целого ряда родников. В то же время при прокладке мелиоративных каналов были вскрыты водоносные пласты, и появились новые родники.

В настоящее время воды многих родников используются на хозяйственные нужды. Родники, расположенные вблизи населенных пунктов, используются для питьевых нужд не только местными жителями, но и приезжими. В ряде мест территория вокруг родников обустроена не только для забора воды, но и оборудована местами для отдыха. Хотя такая картина бережного обращения наблюдается не повсеместно. Родники за пределами населенных пунктов: в лесах, на лугах, в мелиоративных каналах, у берегов малых рек находятся в естественном состоянии или только частично благоустроены деревянными срубками. Эксплуатируются такие источники эпизодически для питьевых нужд во время полевых работ, туристических походов, сбора грибов и ягод и т. п. Деревянные срубы не всегда своевременно обновляются, и у многих родников они уже разрушены.

Очень редко оборудуются подходы к родникам, что ведет к ускорению эрозионных процессов на склонах. Доступ к ним на заболоченной местности часто затруднен. Немногие из родников имеют ограждение и приспособления для отбора воды, хотя такой элемент обустройства необходим в населенных местах для их сохранения.

Обладая несомненными уникальными качествами, родники до настоящего времени изучены недостаточно и используются не в должной мере. Кроме того, в силу различных причин, одной из которых является непрофессиональный каптаж, значительное количество родников в настоящее время быстро деградирует. В этой связи остро встает вопрос об изучении и составлении государственного кадастра, а также о принятии научно-обоснованных мер по восстановлению и охране родников, в противном случае большинство источников качественной уникальной воды будет утеряно безвозвратно.

Особое внимание при охране необходимо уделить малым родникам, как наиболее уязвимым, но тем не менее обеспечивающим водой места обитания редким видам животных и растений.

Вокруг родников и родниковых ручьев необходимо выделять прибрежные полосы и водоохранные зоны, в которых установить жесткие ограничения хозяйственной деятельности. Кроме того, необходимо законодательно запретить действия, приводящие к изменению естественного состояния родников, находящихся вне населенных пунктов. Речь идет о непрофессиональном подходе к каптажу и обустройству родников, которые вызывают негативные последствия функционирования. Работы по оборудованию родников необходимо проводить специалистам и по специально разработанным проектам. Необходимо также организовать систему постоянного мониторинга состояния родников, охватывающего всю территорию области, выделить ряд уникальных родников, находящихся в различных аграрно-географических регионах, экологические системы которых отличаются стабильностью и могут рассматриваться как эталонные при оценке воздействия антропогенных факторов. В перспективе уникальные родники могут рассматриваться не только как национальное достояние, но и как потенциальные объекты на включение их в Мировой список природного наследия ЮНЕСКО.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волчек, А.А. Водные ресурсы Брестской области / А.А. Волчек, М.Ю. Калинин – Минск: Изд. центр БГУ, 2002. – 440 с.

УДК 556.535.2/8(476.7)

*Дашкевич Д.Н.*

*Научный руководитель: проф. Волчек А.А.*

#### ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА РЕК БЕЛАРУСИ ДО 2020 Г. (НА ПРИМЕРЕ Р. ЯСЕЛЬДА)

В последнее пятидесятилетие существенно изменилась внутригодовая структура атмосферных осадков, их месячные значения (в апреле-мае и, особенно, в августе) понизились примерно на 20 процентов. Повторяемость засух во второй половине лета в южных районах страны возросла почти в два раза, изменился водный баланс водосборов. Своевременная количественная оценка воздействий факторов изменяющегося климата на водные экосистемы необходимы для разработки предупредительных мер, адаптации водохозяйственного комплекса к природным аномалиям, снижения ущербов и затрат. Водные ресурсы, являясь одним из ключевых элементов устойчивого развития государства,

имеют определяющее значение для его социальных, экономических и экологических аспектов. Основным источником водных ресурсов Беларуси являются, безусловно, средние и крупные реки, вдоль которых концентрируется население и промышленность. Однако водные ресурсы малых рек, рассредоточенные по территории и доступные для повсеместного использования, в ряде регионов являются основным или единственным источником воды. Ресурсы поверхностных вод включают речной сток и запасы воды в водоемах.

Экосистемный и бассейновый подход к исследованиям естественного водного и теплового режимов позволяет выполнить комплексный анализ причин и пространственно-временных закономерностей распространения неблагоприятных гидрологических явлений и процессов на водосборах.

Водным ресурсам присуща динамика, а их комплексное и рациональное использование невозможно без прогноза колебаний и изменений во времени. Характер колебаний водных ресурсов определяется климатическими факторами, но начиная со второй половины XX века, роль антропогенной составляющей в ряде случаев становится соизмеримой с природными воздействиями. Таким образом, можно констатировать, что конец XX – начало XXI века характеризуется направленной климатической изменчивостью и повышением антропогенной нагрузки на сток рек, особенно малых. Это не могло не сказаться на факторах формирования стока малых рек, их гидрологическом режиме и гидроэкологическом состоянии. Кроме того, воздействия антропогенных факторов на водный режим рек имеют как разнонаправленный характер, что компенсирует влияние, так и односторонний, что, в свою очередь, усиливает трансформацию водного режима.

Учитывая важность оценок, направленность и степень изменений параметров стока, гидрологического режима рек Беларуси вообще и рек Белорусского Полесья в частности, модельным объектом выбран бассейн р. Ясельда, в рамках которого проведены гидролого-климатические исследования. Выбор объекта исследования объясняется его репрезентативностью для Белорусского Полесья и степенью антропогенной нагрузки в виде гидротехнических мелиораций и последствий эксплуатации мелиоративных земель.

Целью настоящего исследования является оценка изменений водного режима рек, вызванных современными изменениями климата.

Постановка и проведение эксперимента сопряжено с рядом проблем, в частности трудоемкостью и большими финансовыми затратами, кроме этого, очень сложно вычлнить влияние отдельных факторов. Поэтому использование математических моделей является одним из наиболее реальных путей решения задачи оценки трансформации водного режима рек.

### **Используемые материалы и методика исследований**

Для оценки трансформации водного режима рек, вызванной климатическими колебаниями и антропогенными воздействиями, использованы результаты стационарных гидрологических и климатических наблюдений Республиканского гидрометеорологического центра Министерства природных ресурсов и окружающей среды Республики Беларусь, опубликованные в материалах государственных кадастров.

Нами в расчетах был использован временной период наблюдений 1985–2009 гг., который отмечается интенсивным потеплением климата. С помощью линейного тренда продлены до 2019 года прогнозные значения осадков, испарения и дефицитов насыщения воздуха. На рисунке 1 представлена карта прогнозных значений годовых осадков на территории Беларуси в 2019 году.

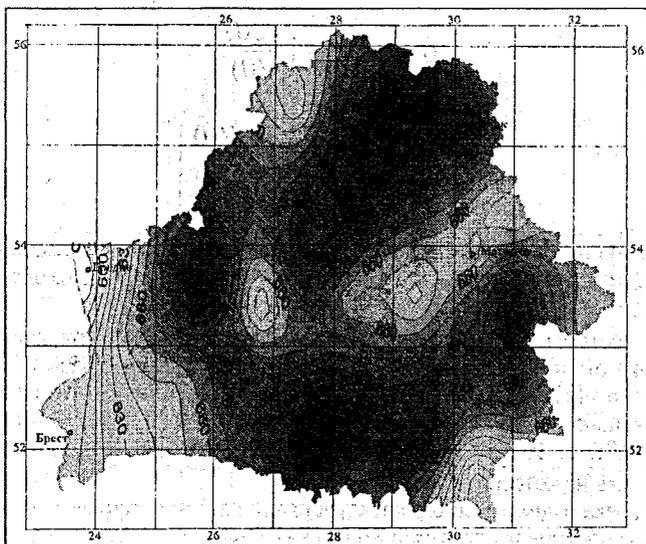


Рисунок 1 – Карта распределения прогнозных значений годовых осадков в 2019 г., мм

Воднобалансовые исследования речных водосборов выполнены с использованием метода гидролого-климатических расчетов (ГКР), предложенного В.С. Мезенцевым, основанного на совместном решении уравнений водного и теплоэнергетического балансов [1, 2].

Уравнение водного баланса речного водосбора за некоторый промежуток времени имеет вид:

$$H(l) = Z(l) + Y_k(l) \pm \Delta W(l), \quad (1)$$

где  $H(l)$  – суммарные ресурсы увлажнения, мм;  $Z(l)$  – суммарное испарение, мм;  $Y_k(l)$  – суммарный климатический сток, мм;  $\Delta W(l)$  – изменение влагозапасов деятельного слоя почвогрунтов, мм;  $l$  – интервал осреднения.

Суммарное испарение находится по формуле:

$$Z(l) = Z_m(l) \left[ 1 + \left( \frac{\frac{Z_m(l)}{W_{HB}} + V(l)^{1-r(l)}}{\frac{KX(l) + g(l)}{W_{HB}} + V(l)} \right)^{n(l)} \right]^{\frac{1}{n(l)}} \quad (2)$$

где  $Z_m(l)$  – максимально возможное суммарное испарение, мм;  $W_{HB}$  – наименьшая

влагоемкость почвы, мм;  $V(l) = \frac{W(l)}{W_{HB}}$  – относительная влажность почвогрунтов на начало расчетного периода;

$KX(l)$  – сумма измеренных атмосферных осадков, мм;  $g(l)$  – грунтовая составляющая водного баланса, мм;  $r(l)$  – параметр, зависящий от водно-физических свойств и механического состава почвогрунтов;  $n(l)$  – параметр, учитывающий физико-географические условия стока.

Относительная влажность почвы на конце расчетного периода определяется из соотношений:

$$V(I+1) = V(I) \cdot \left( \frac{V_{cp}(I)}{V(I)} \right)^{r(I)} ; \quad (3)$$

$$V_{cp}(I) = \left( \frac{KX(I) + g(I)}{\frac{W_{HB}}{Z_m(I)} + V(I)^{1-r(I)}} + V(I) \right)^{\frac{1}{r(I)}} . \quad (4)$$

Максимально возможное суммарное испарение находится по методике, описанной в работе [3]. Суммарные ресурсы увлажнения определяются следующим образом:

$$H_r(I) = KX(I) + W_{HB}(V(I) - V(I+1)). \quad (5)$$

Решение системы уравнений (1)–(5) осуществляется методом итераций до тех пор, пока значение относительной влажности почвогрунтов на начало расчетного интервала не будет равно значению относительной влажности на конец последнего интервала. При расчете начальное значение влажности принимается равным значению наименьшей влагоемкости, т. е.  $W(1) = W_{HB}$ , откуда  $V(1) = 1$ . Сходимость решения метода ГРП достигается уже на четвертом шаге расчета.

Корректировка климатического стока осуществляется с помощью коэффициентов, учитывающих влияние различных факторов на формирование руслового стока, т. е.

$$Y_p(I) = k(I) \cdot Y_k(I), \quad (6)$$

где  $Y_p(I)$  – суммарный русловый сток, мм;

$k(I)$  – коэффициент, учитывающий гидрографические характеристики водосбора.

Метод ГРП реализован нами в виде компьютерной программы «Баланс». Моделирование водного баланса исследуемой реки осуществляется в два этапа: настройка модели и собственно моделирование.

На первом этапе необходимо задать координаты центра тяжести водосбора исследуемой реки и основные гидрографические характеристики водосбора. Далее программа из встроенного банка гидрометеорологической информации подбирает реку-аналог с учетом сходства формирования водного режима реки. После получения необходимой информации, изменяя параметры  $W_{HB}$ ,  $r$  и  $n$  и используя систему уравнений (1)–(5), производится настройка модели на реку-аналог. Наименьшая влагоемкость почвы  $W_{HB}$  изменяется в пределах от 60 до 220 мм, параметр  $r$  изменяется в пределах от 1 до 2,5, параметр  $n$  – от 2 до 3,4. При настройке модели преследуется цель достичь наибольшего соответствия рассчитанного климатического стока и руслового стока реки-аналога. Первый этап заканчивается построением графиков климатического и руслового стока и выводом ошибки моделирования.

Второй этап представляет собой непосредственный расчет водного баланса исследуемой реки, используя параметры, полученные при моделировании стока реки-аналога. Расчет элементов водного баланса исследуемой реки производится с учетом конкретных особенностей рассматриваемого водосбора.

В основу численного эксперимента положена модель водного баланса р. Ясельда в створе г. Береза с настройкой параметров по данным гидрометслужбы на 1962 г., т. е. до начала массовых гидротехнических мелиораций [4]. Результаты моделирования среднегогодового стока и его внутригодового распределения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение стока р. Ясельда – г. Береза

	Месяцы												Год
	январь	февраль	Март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	
Сток в 2009 г., мм	5,72	7,54	23,4	27,1	6,76	6,09	4,85	1,97	1,87	7,66	8,17	8,32	109
Сток в 2019 г., мм	5,96	7,64	24,2	22,8	7,15	6,45	4,82	4,16	0,79	6,24	8,6	8,74	107
Изменение стока в 2019 г. в % от стока 2009 г.	4,2	1,3	3,4	-15,8	5,8	5,9	-0,6	111,2	-57,4	-18,5	5,2	5,0	-1,8

Результаты численного эксперимента по моделированию стока воды реки Ясельда в условиях изменяющегося климата показали, что годовое значения речного стока существенно не изменится. Внутригодовое изменение стока колеблется по модулю от 1,3% до 111,2. Существенное изменение стока наблюдается в период с августа по октябрь.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Мезенцев, В.С. Увлажненность Западно-Сибирской равнины / В.С. Мезенцев, И.В. Карнацевич. – Л.: Гидрометеоиздат, 1969. – 168 с.
- Мезенцев, В.С. Гидрологические расчеты в мелиоративных целях / В.С. Мезенцев [и др.]. – Омск, 1980 – Ч. 1. – 80 с.
- Волчек, А.А. Методика определения максимально возможного испарения по массовым метеоданным (на примере Белоруссии) / А.А. Волчек // Научно-техническая информация по мелиорации и водному хозяйству (Минводхоз БССР), 1986. – № 12. – С. 17–21.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – Т. 5. – Ч. 2: Основные гидрологические характеристики – 720 с.

удк 628.316

**Касперович А.В.**

*Научный руководитель: ассистент Наумчик Г.О.*

#### ИССЛЕДОВАНИЯ ФЛОККУЛИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ОЗОНА ПРИ УДАЛЕНИИ ТРУДНОСЕДАЕМЫХ ЧАСТИЦ И ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ ДРУГИМИ РЕАГЕНТАМИ

##### Введение

Актуальность: дренажные воды от водопонижения карьера имеют очень высокую мутность и при сбросе их в реку Рита, многократно увеличивается мутность реки, что является угрозой для жизни рыб.

Новизна: тема зарегистрирована в БелНИИСА как научная. Для решения проблемы в данном исследовании использовались нестандартные реагенты. Внедрение: на основе полученных исследований примутся рекомендации, на основе которых будут проектироваться и строиться очистные сооружения для очистки дренажных вод карьера.

Месторождение строительных материалов "Хотиславское" расположено в Брестской области, в долине одного из левых притоков р. Рита, и находится южнее г. п. Малорита.

Месторождение содержит большое количество песка (30 млн.т) и мела (около 50 млн.т), которые являются ценным сырьем для производства строительных материалов и в качестве сырья в стекольной, металлургической, химической и других отраслях промышленности.

Разработка карьера ведется открытым способом, осушение осуществляется открытым водосливом. Среднесуточный расход дренажных вод в настоящее время составляет около 3000 м<sup>3</sup>/сут. В ближайшем будущем в связи с увеличением разрабатываемой площади и глубины карьера ожидается увеличение расхода сточных вод до 10000 м<sup>3</sup>/сут.

Дренажная вода откачивается насосом из карьера в естественный водоем – отстойник, далее попадает в мелиоративный канал, который впадает в водоем рыбо – хозяйственного значения – р. Рита.

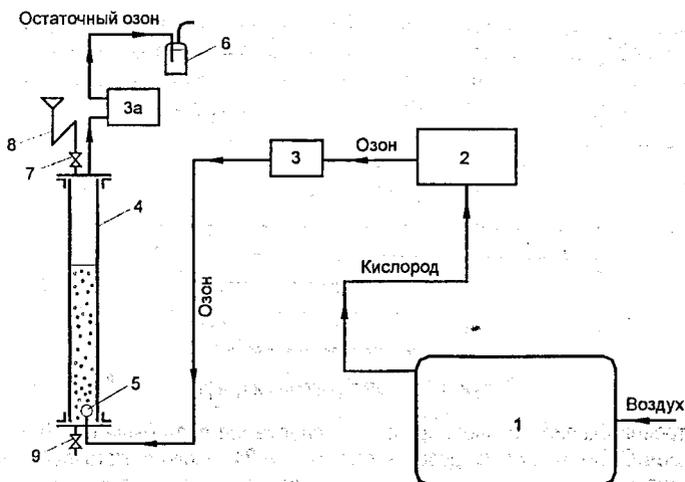
При изучении физико-химических свойств дренажной воды карьера, было выяснено, что: содержание взвешенных веществ порядка 1300–1400 мг/л; прозрачность по шрифту менее 10 мм (очень высокомутная); ХПК 60–70 мг/л, что свидетельствует о наличии достаточно большого количества органических веществ; осаждение, без добавления каких-либо реагентов, происходило в течение 4–5 суток, что говорит об очень маленькой гидравлической крупности частиц; в данном исследовании разрабатывалась технология очистки с использованием озона, кислоты и хлорида кальция.



Рисунок 1 – Месторождение строительных материалов "Хотиславское"

#### Методическая часть

Дозирование заданной дозы озона осуществлялась на лабораторной установке, показанной на рисунке 2.



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

Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки

Обрабатываемую воду заливали в контактную колонку 4 через гидравлический затвор 8 с помощью вентиля 7. Кислород (концентрация кислорода 95%), вырабатываемый концентратором кислорода 1, поступает в озонатор 2, где вырабатывается озон. Озонокислородная смесь подается в контактную колонку 4 через диспергатор 5, при этом озон окисляет органические примеси, находящиеся в обрабатываемой воде. Озонированная вода из контактной колонки 4 отбирается с помощью вентиля 9. Заданная доза озона определялась по расходу озонокислородной смеси, поступающей в контактную колонку 4 и по разности показаний озономеров 3 и 3а. Озономер 3 показывает концентрацию озона в озонокислородной смеси на входе в контактную колонку, а озономер 3а показывает концентрацию озона на выходе из контактной колонки.

Озонированию подвергались дренажные воды карьера ОАО «Кварцпром». Эксперимент осуществлялся следующим образом. В контактную колонку заливали обрабатываемый раствор, затем этот раствор подвергали барботажу заданным расходом озонокислородной смеси. При этом фиксировались показания озономеров 3 и 3а. Исходя из заданной удельной дозы озона, заданного расхода озонокислородной смеси и разности показаний озономеров 3 и 3а, определяли время барботажа. По прошествии расчетного времени прекращали барботаж и сливали обработанную заданной удельной дозой озона воду в мерный цилиндр, в котором происходило осаждение взвешенных частиц в обработанном озонном растворе.

Через каждый час отстаивания из середины цилиндра пипеткой отбиралась проба осветленной воды, и на приборе SP 830 Plus определялась ее оптическая плотность в кювете с длиной оптического пути 10 миллиметров на длине волны 550 нм. По оптической плотности образца с помощью калибровочного графика определялась остаточная концентрация взвешенных веществ.

Построение калибровочного графика для определения остаточной концентрации взвешенных веществ по оптической плотности образца исследуемой воды.

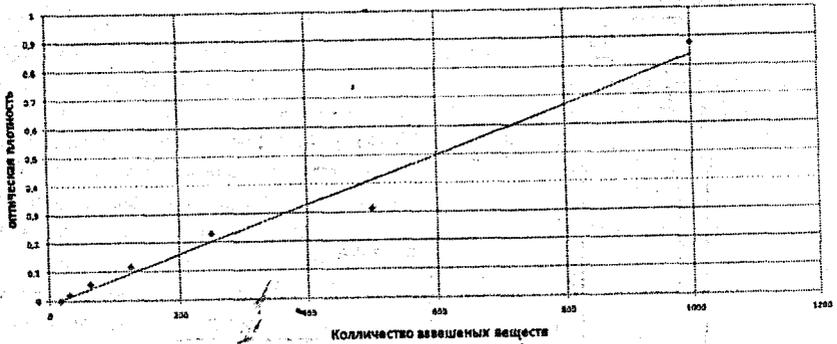


Рисунок 3 – Калибровочный график

Для построения калибровочного графика исследуемая вода была обработана хлоридом кальция  $\text{CaCl}_2$  (коагулянт) дозой в 2 г/л. После 24 часового отстаивания выпавший осадок взвешенного вещества, выделенный методом декантации, высушивался при температуре  $t=105^\circ\text{C}$  до постоянной массы. Затем осадок растирался в фарфоровой ступке до пылевидного состояния. Отвешивалась точная навеска осадка массой 1 грамм и разбавлялась литром дистиллированной воды, подкрашенной органическим красителем "бензанил зеленый" в концентрации 1 мг/л. При этом оптическая плотность дистиллированной воды с добавлением красителя была такой же, как и оптическая плотность полностью осветленной дренажной воды мелового карьера. Полностью осветленная дренажная вода имеет зеленый оттенок, обусловленный содержанием железа. Из полученной суспензии взвешенных веществ с концентрацией 1000 мг/л методом разбавления приготавливались растворы с меньшей концентрацией, и измерялась их оптическая плотность. По полученным данным был построен калибровочный график для определения концентрации взвешенных веществ в зависимости от оптической плотности исследуемой воды.

#### Экспериментальная часть

При исследовании осветления воды только при помощи кислот, выяснилось, что осветление до требуемых параметров достигается за 10 часов. При исследовании только хлорида кальция, достижение требуемых параметров очистки происходит за 24 часа. Такое продолжительное время требует строительства отстойников большого объема.

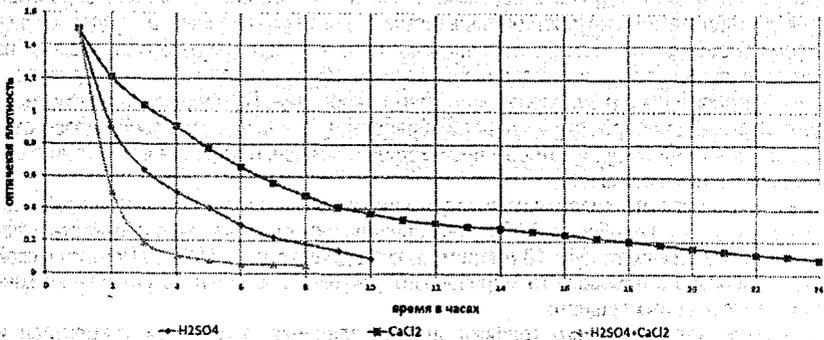


Рисунок 4 – график обработки реагентами без озона

При исследовании осветления воды с помощью озона на рисунке 5 представлена зависимость снижения оптической плотности с течением времени при обработке различными дозами озона, осветление до требуемых параметров достигается за 5...6 ч. Оптическая плотность, соответствующая требуемой мутности, составляет 0,09.

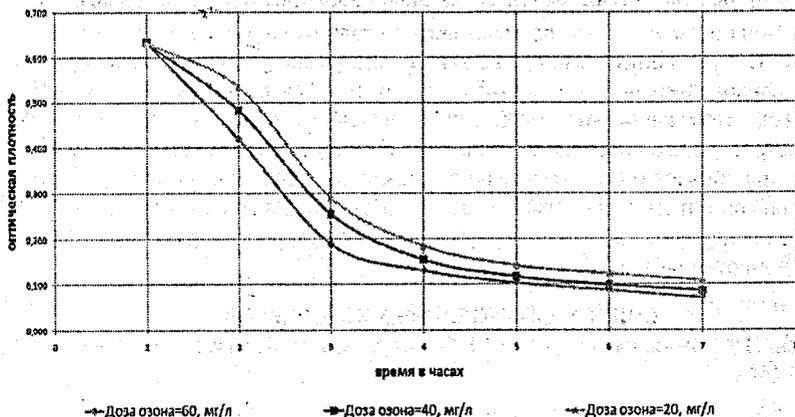


Рисунок 5 – График обработки дренажной воды только озонем

Необходимо отметить, что на начальном этапе эффект осветления заметно отличается с изменением дозы озона, но по прошествии 5-ти часов эффект осветления для вышерассмотренных доз озона сравнялся.

Исследовалась эффективность применения различных комбинаций вышерассмотренных реагентов, на рисунке 6 показано, как интенсифицирует воздействие озона добавление кислоты, хлорида кальция и добавление кислоты с хлоридом кальция. Из графиков видно, что наиболее эффективно на начальных этапах осветления является добавление кислоты с хлоридом кальция, но по прошествии 5 часов эффект осветления при воздействии озона и кислоты сравним с эффектом при воздействии озона, кислоты и хлорида кальция, кроме того, нужно отметить, что высокая доза хлорида кальция, равная 500 мг/л, делает использование данного реагента экономически нецелесообразным.

Доза озона=60мг/л

Доза озона=40 мг/л

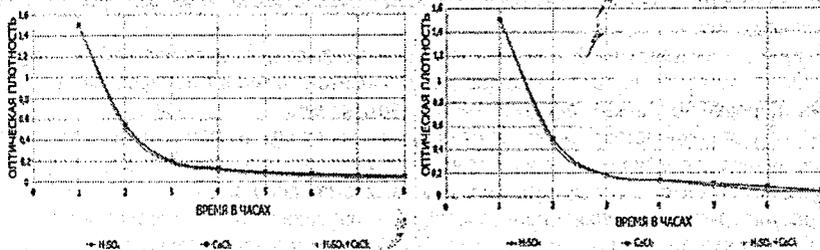


Рисунок 6 – Графики комбинации реагентов с разными дозами озона

### *Недостатки:*

Большее время отстаивания, которое ведет к большим капитальным затратам на строительство очистных.

### *Достоинства:*

1. Образуется меньший объем осадка в сравнении с реагентным коагулированием.
2. Осадок экологически чистый по сравнению с осадком, полученным при реагентной коагуляции. Осадок, полученный при реагентной коагуляции, требуется регулярно подвергать исследованиям на класс опасности, требуется транспортировка осадка к месту захоронения, которое находится на большом расстоянии, что требует больших транспортных затрат, так же необходимо производить оплату за захоронение. Осадок, образующийся при обработке озоном и кислотой, можно вывозить на ближайшее колхозное поле, т.к. он состоит из частиц глины и мела, его внесение в почву сказывается благоприятно на плодородии, т.к. мел, присутствующий в осадке, раскисляет почву, а частицы глины, глинизируют песчаные почвы.

### **СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Кожин, В.Ф. Озонирование воды / В.Ф. Кожин, И.В. Кожин. – М.: Стройиздат, 1974. – 447 с.

УДК 50403(69132)

*Козлов И.Г., Кривецкая Е.С.*

*Научный руководитель: Левчук Н.В.*

### **ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ БЕТОНОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ВО ВЛАЖНОЙ СРЕДЕ**

В последнее столетие в результате сознательной деятельности человека баланс между потреблением и регенерацией  $\text{CO}_2$  несколько изменился.

Вырубка лесных массивов, например, привела к снижению потребления  $\text{CO}_2$  из атмосферы растениями [1].

Промышленные процессы, связанные с обжигом известняка, сжиганием жидкого, газообразного, твердого топлива, увеличивают поступление  $\text{CO}_2$  в атмосферу.

В последние годы в связи развитием автомобилестроения и роста транспортных средств наибольшее загрязнение атмосферы происходит в результате выбросов выхлопных газов автотранспорта.

В состав выхлопных газов автотранспорта входит большая гамма токсичных веществ, главными из которых являются оксиды углерода, оксиды азота, углеводороды, канцерогенные вещества.

Одним из основных отрицательных последствий, связанных с проблемой загрязнения воздушного бассейна вредными веществами, является влияние атмосферных загрязнений на здоровье человека, растительный и животный мир.

Негативное воздействие загрязнения окружающей среды, в частности увеличение содержания оксидов углерода, серы и других вредных веществ, проявляется в процессах разрушения строительных сооружений: зданий, мостов, дорог и др.

В результате трансгенных переносов загрязняющих веществ, круговоротов углерода, азота и других веществ на землю с атмосферными осадками выпадают различные примеси, легко растворимые в воде.

В их состав входят анионы  $\text{SO}_4^{2-}$ ;  $\text{Cl}^-$ ;  $\text{NO}_3^-$ ;  $\text{HCO}_3^-$ ;  $\text{NH}_4^+$ ;  $\text{Na}^+$ ;  $\text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{Mg}^{2+}$ ;  $\text{H}^+$ , соотношение которых определяет pH осадков, т.е. их кислотность.

Считается, что кислотные осадки на 2/3 обусловлены диоксидом серы, на 1/3 оксидами азота [2].

При нормальных условиях чистая дождевая вода содержит атмосферный диоксид углерода, образующий слабую угольную кислоту (pH=5,6). Оксиды, имеющие показатель pH ниже 5,6, относятся к кислым и называются кислотными дождями.

Помимо губительного воздействия на живые организмы, кислотные дожди разрушают почву, высвобождают из связанного состояния токсичные элементы, усиливают коррозию металлов, разрушают здания и сооружения.

Изучение состояния бетонных и железобетонных сооружений, в том числе и гидротехнических, остаётся сейчас важным средством для оценки долговечности бетонов различного вида.

Исследования по коррозионной стойкости бетонов, а также естественных каменных материалов в природных условиях, связаны с увеличением загрязнения атмосферного воздуха больших городов и направлены на сохранение уникальных сооружений и памятников архитектуры. В середине прошлого века исследовалось действие водных растворов различных солей, моделирующих природные минеральные, грунтовые воды, а также морскую воду.

Продолжаются исследования по изучению влияния различных добавок в бетон на его стойкость. Выяснилось, что, благодаря введению в бетонную смесь пластифицирующих добавок, можно значительно повысить морозостойкость бетонов.

Установлено, что кремнийоритические соединения повышают коррозионную стойкость бетонов в условиях коррозии третьего вида.

Придать бетону стойкость против коррозии второго вида (при действии кислой среды) ни изменением состава цемента, ни добавками не удалось.

Получены данные о степени агрессивности различных природных и промышленных сред.

В настоящее время в НИИ ЖБ проводятся работы по следующим направлениям [3]:

- исследование коррозионной стойкости бетона в различных средах,
- защита железобетонных конструкций лакокрасочными, плёночными, полимерными покрытиями и др.

В нашей работе проводились исследования по воздействию на модифицированный портландцементный бетон слабокислой водной среды; содержащей растворённый  $\text{CO}_2$ , с целью определения содержания ионов  $\text{Ca}^{2+}$  в водных вытяжках.

Для железобетонных конструкций даже обычная воздушная среда в определённых условиях представляет опасность, т.к. содержащаяся в воздухе углекислота нейтрализует гидроксид кальция в поверхностном слое бетона и снижает его защитные свойства по отношению к арматуре.

Исследования проводились на сериях образцов цементного камня, полученных при затворении цементно-песчаной смеси раствором, содержащим пенообразователь «Синтек» с различным соотношением с водой и с коллоидным гидроксидом алюминия. Образцы твердели при комнатной температуре и содержались в помещении в течение года.

Первая серия образцов выдерживалась в воде в течение трех суток. После этого образцы высушивали при комнатной температуре, затем измельчали и взвешивали навески цементного камня массой 2 г. После трех суток выдержки измельченных образцов бетона в воде проводили анализ по определению содержания ионов  $\text{Ca}^{2+}$  в водных вытяжках по следующей методике.

При определении общей жесткости воды используем буферные растворы. В коническую колбу отмерили цилиндром 50 мл исследуемой воды, добавили 2,5 мл аммиачного буферного раствора с pH=10 и 2,5 мл индикатора эриохрома. Перемешали раствор и медленно титровали 0,05н раствором Трилона Б до изменения окраски раствора в синий цвет.

Согласно закону эквивалентов, число эквивалентов трилона Б, содержащееся в израсходованном на титрование объеме его раствора должно быть равно суммарному числу эквивалентов ионов  $\text{Ca}^{2+}$  в 50 мл воды, т.е.

$$C_{\text{н тр.Б}} \cdot V_{\text{тр.Б}} = C_{\text{н H}_2\text{O}} \cdot V_{\text{H}_2\text{O}}$$

$C_{\text{н H}_2\text{O}}$ , выраженная в мэкв/л, =  $J_0$ .

$$\text{Отсюда } J_0 = \frac{V_{\text{тр.Б}} \cdot C_{\text{н тр.Б}} \cdot 1000}{V_{\text{H}_2\text{O}}} \text{ мэкв/л (Ca}^{2+}\text{),}$$

где  $V_{\text{тр.Б}}$  – объем трилона Б, мл,  $C_{\text{н тр.Б}}$  – эквивалентная концентрация трилона Б,  $V_{\text{H}_2\text{O}}$  – объем исследуемой воды, мл,  $C_{\text{н H}_2\text{O}}$  – эквивалентная концентрация ионов  $\text{Ca}^{2+}$  в воде.

Вторая серия образцов подготавливалась аналогичным методом, но выдерживалась она в воде, через которую предварительно пропустили углекислый газ до значения pH=4,8–5,1 (слабокислая среда).

Третья и четвертая серии образцов готовились аналогично, но в качестве раствора затворения была использована смесь в различных соотношениях пенообразователя «Синтек» и коллоидного гидроксида алюминия.

Результаты эксперимента сведены в таблицы 1, 2.

Анализ данных показал, что содержание ионов кальция в водных вытяжках контрольных образцов без добавок изменяется в среднем на 15%. В водных вытяжках образцов с добавлением пенообразователя «Синтек» без пропускания углекислого газа и после пропускания содержание ионов кальция незначительно увеличивается (в среднем на 5–7%). Причем изменение содержания ионов кальция в водных вытяжках снижается с уменьшением соотношения пенообразователь/вода в растворе затворения. Это подтверждают результаты физико-механических испытаний, при которых было установлено, что увеличение содержания пенообразователя снижает прочность образцов.

Таблица 1 – Определение содержания ионов  $\text{Ca}^{2+}$  в водных вытяжках

№ п/п	Процентное соотношение раствора затворения пенообразователь «Синтек»/вода	Содержание ионов $\text{Ca}^{2+}$ в водных вытяжках течение 3 суток	
		Без $\text{CO}_2$	При пропускании $\text{CO}_2$
1	Контрольный на воде	0,00470	0,00540
2	100%	0,00191	0,00220
3	50/50	0,00226	0,00260
4	25/75	0,00243	0,00280
5	15/85	0,00251	0,00281
6	10/90	0,00253	0,00292
7	5/95	0,00260	0,00300

**Таблица 2 – Определение содержания ионов  $\text{Ca}^{2+}$  в водных вытяжках**

№ п/п	Процентное соотношение раствора затворения пенообразователь «Синтек»/ коллоидный гидроксид алюминия	Содержание ионов $\text{Ca}^{2+}$ в водных вытяжках в течение 3 суток	
		Без $\text{CO}_2$	При пропускании $\text{CO}_2$
1	Контрольный с колл. $\text{Al}(\text{OH})_3$	0,00186	0,00200
2	75/25	0,00181	0,00192
3	50/50	0,00145	0,00156
4	25/75	0,00128	0,00138
5	15/85	0,00112	0,00129
6	10/90	0,00107	0,00115
7	5/95	0,00906	0,00100

В вытяжках образцов с содержанием пенообразователя при пропускании углекислого газа содержание ионов кальция увеличивается в среднем на 5–7%. При исследовании образцов, где в качестве раствора затворения использовался коллоидный гидроксид алюминия в различных соотношениях с пенообразователем, содержание ионов кальция при пропускании углекислого газа увеличилось в среднем на 5%.

Таким образом, использование модифицирующих добавок, пенообразователя «Синтек» и коллоидного гидроксида алюминия способствует снижению содержания ионов кальция при воздействии слабокислой среды на бетоны.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кузнецов, И.Е. Защита воздушного бассейна от загрязнения вредными веществами / И.Е. Кузнецов, Т.М. Троицкая. – М.: Химия, 1979. – 344 с.
2. Челноков, А.А. Основы промышленной экологии: учебное пособие / А.А. Челноков, Л.Ф. Ющенко. – Минск: Вышэйшая школа, 2001. – 343 с.
3. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В.М. Москвин [и др.] – М.: Стройиздат, 1980. – 536 с.

УДК 502.171:502.3/7; 634.1/7

**Медуница А.Г., Ярощик А.А.**

*Научный руководитель: доцент, к.биол.н. Босак В.Н.*

#### ПЕРСПЕКТИВЫ ПЛАНТАЦИОННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ НА ЮГЕ БЕЛАРУСИ

##### Введение

Наибольшее количество торфяных почв на территории Республики Беларусь (свыше 66,5 %) приурочено к региону Белорусского Полесья. Одной из центральных проблем на Полесье являются деградационные процессы из-за массового осушения переувлажненных земель во второй половине XX века.

В настоящее время в пределах территории Беларуси осушено около 1,45 млн.га торфяных почв, из них для сельскохозяйственных целей – 1,1 млн.га. Большая часть (свыше 65 %) таких почв имеет мощность торфа до 1 м [1].

Прогнозные объемы разрушения органического вещества торфяных почв до 2020 г. при сложившемся характере их использования составят 115,7 млн.т, а торфа 40 %-ной основной влажности – 220,4 млн.т. За прогнозируемый период мощность органомного

слоя торфяных почв в разных регионах республики уменьшится на 20–40 см. В результате все торфянисто-глеевые почвы трансформируются в органо-минеральные с содержанием органического вещества в пахотном слое 15–30 %. В эту же группу перейдет и часть торфяно-глеевых, 80–90 тыс. га.

К 2020 г. площадь органоминеральных почв увеличится на 230–240 тыс. га. Практически все торфяно-глеевые почвы перейдут в торфянисто-глеевые.

Таким образом, антропогенная эволюция торфяных почв завершается полным их разрушением независимо от того, какая новая (искусственная) экосистема пришла на смену естественной. Современные технологии использования торфяных почв могут лишь в определенной степени замедлить скорость их трансформации, но не гарантируют их сохранения в прежнем виде. Уже с момента осушения торфяная почва обречена на деградацию и свое исчезновение как типа. На ее месте формируются более бедные по плодородию органоминеральные, а в дальнейшем минеральные почвы преимущественно песчаного гранулометрического состава.

Развитие процессов деградации на осушенных торфяных почвах привело к резкому сокращению природных запасов дикорастущих ягодных растений, в том числе голубики – богатейшего источника биологически активных веществ. Следствием этого является прогрессирующее снижение объема заготовок голубики в республике, усугубляемое как низкой биологической продуктивностью ее естественных зарослей, так и трудоемкостью ручного сбора ягод. Увеличение ресурсов голубики и насыщение ее плодами внутреннего рынка возможны лишь при ее промышленном выращивании [2].

Как показали многолетние исследования Центрального ботанического сада НАН Беларуси, наиболее перспективным для введения в культуру на малоплодородных торфяниках и песчаных почвах в Беларуси является североамериканский вид – голубика высокорослая. Об экономической целесообразности его возделывания на промышленной основе свидетельствует опыт США, Канады и ряда европейских государств, добившихся полного удовлетворения потребностей в ягодах голубики при средней урожайности 6–8 т/га.

Интродукционные исследования в нашей республике показали, что продуктивность сортовой голубики в десятки раз превосходит урожайность аборигенного вида. Установлено, что в наибольшей степени ее генетический потенциал реализуется в почвенно-климатических условиях Белорусского Полесья, где перспективные сорта голубики высокорослой дают урожай не менее 7 т/га [3].

### **Результаты и обсуждение**

*1. Характеристика агроклиматических условий районов выращивания голубики высокорослой.* Многие годы голубика с успехом возделывается в различных районах североамериканского континента. Главными поставщиками ягод являются штаты Флорида, Индиана, Западная Вирджиния, Миннесота, Северная Каролина, Нью-Джерси, Массачусетс; Мэн в США, а в Канаде – Новая Шотландия. Основные климатические показатели этих регионов приведены в таблице 1.

Как следует из таблицы, голубика произрастает на территории, где сумма положительных температур за вегетационный период колеблется в широких пределах: от 2600° в Новой Шотландии до 7300° во Флориде при сумме активных температур от 2300° до 7300° соответственно. Минимальные температуры зимы изменяются от +12,6°С в штате Флорида до -30,6°С в штате Миннесота [4].

Таблица 1 – Основные климатические показатели районов выращивания высокорослой голубики в США и Канаде

Район	Средняя температура, °С		Абсолютная мин. t, °С	Число дней с темп. выше 0°С	Суммы темп. выше 0°С	Суммы активных темп. (выше 10°С)	Длина вегет. периода, дней	Осадки, мм
	января	июля						
Флорида	14,2	27,2	12,6	365	7300	7300	365	1310
Индиана	-4,1	23,0	-10,6	300	4200	3900	210	890
Западная Вирджиния	3,2	25,8	2,2	365	5400	4600	235	1060
Миннесота	-10,7	22,4	-30,6	200	3300	2500	165	690
Северная Каролина	3,6	26,2	2,6	365	5500	4700	235	1230
Нью-Джерси	-0,6	22,8	-2,1	280	4400	3900	210	1204
Массачусетс	-10,7	22,4	-19,9	260	3500	3100	180	1024
Мэн	-4,3	16,0	-16,9	200	3000	2500	165	1200
Новая Шотландия	-4,3	16,0	-17,8	180	2600	2300	155	1200
Онтарио	-5,5	20,1	-29,4	180	3160	2800	155	840

По климатическим особенностям территория Беларуси делится на три зоны: северную, центральную и южную.

Белорусское Полесье приурочено к южной климатической зоне, охватывающей большую часть Брестской и Гомельской областей, всю Полесскую низменность и Прибужскую равнину. Сумма активных температур здесь составляет 2400–2600° и нарастает с севера на юг. С вероятностью 90% обеспечивается сумма активных температур 2000–2100°. В отдельные годы она снижается до 1800–2000° и повышается до 2800–3000°. Вегетационный период в этой зоне длится 195–210 дней. Начинается он примерно 10 апреля, заканчивается 25–30 октября. В отдельные годы его продолжительность может сокращаться до 170–180 дней и увеличиваться до 210–230 дней. По степени увлажнения зона умеренно влажная. Сумма осадков за год составляет 500–640 мм, за теплый период – 345–455 мм. Запас воды в снежном покрове невелик и мало влияет на влагообеспеченность [3].

Таблица 2 – Основные климатические показатели областных центров Беларуси

Район	Средняя температура, °С		Абсолютная мин. t, °С	Число дней с темп. выше 0°С	Суммы темп. выше 0°С	Суммы активных темп. (выше 10°С)	Длина вегет. периода, дней	Осадки, мм
	января	июля						
Витебск	-7,9	18,0	-40,0	210	2500	1940	122	700
Минск	-7,0	18,0	-37,0	230	2500	1940	132	600
Гродно	-5,1	18,0	-35,0	230	2700	2000	132	650
Могилев	-7,5	18,2	-37,0	220	2600	1940	132	650
Брест	-4,5	18,8	-36,0	250	2950	2100	150	600
Гомель	-6,9	18,4	-36,0	230	2750	2040	147	600

Сравнительный анализ климатических условий основных районов выращивания голубики высокорослой в США и Канаде и климатических условий Беларуси показал, что наиболее благоприятной для выращивания голубики высокорослой является ее южная агроклиматическая зона. Она характеризуется наиболее высокими температурными показателями по сравнению с другими климатическими зонами Беларуси.

2. *Экологические требования голубики высокорослой*. Голубика высокорослая – многолетний листопадный кустарник семейства брусничных высотой от 1,5 до 2,5 м в период плодоношения. Данный вид обладает широкой экологической амплитудой и пластичностью по отношению к климатическим показателям. Урожайность ее в культуре может достигать 10 т/га при соблюдении определенных требований к условиям выращивания.

Для успешного возделывания в культуре голубика высокорослая требует длины вегетационного периода не менее 160 дней и суммы активных температур 2100–2500°. Фактором, существенно ограничивающим ее распространение, являются также низкие температуры зимы. Растения переносят без заметных повреждений морозы до -29°С.

Голубика высокорослая имеет поверхностную корневую систему, у которой отсутствуют корневые волоски. Чтобы нормально развиваться, корни голубики требуют открытых, пористых почв. Ее культура удается на легких, хорошо аэрированных, прогреваемых и кислых почвах с содержанием гумуса не менее 3%. Исключительно важна постоянная умеренная влажность почвы. Одним из важнейших условий успешного выращивания голубики высокорослой является кислая реакция почвы.

За рубежом голубика высокорослая успешно культивируется в таких странах Западной Европы, как Великобритания, Нидерланды, Германия, а также в соседней с нами Польше. Из стран СНГ имеется опыт выращивания в условиях Москвы. С учетом требований культуры к почвенно-климатическим факторам наиболее пригодными для создания плантаций являются районы Брестской и Гомельской областей.

В этих условиях подавляющее большинство сортов проходит цикл своего развития, хорошо растет и плодоносит. Лишь в отдельные годы, характеризующиеся пониженной суммой активных температур, у позднеспелых сортов не вызревает часть урожая.

Предпочтения голубики в почвах также указывают на то, что она может произрастать на деградирующих торфяных почвах, не сильно богатых питательными веществами [4].

3. *Мульчирование поверхности почвы*. Установлено, что мульчирование поверхности почвы органическими материалами (соломой, опилками и древесной корой) слоем до 10 см активизирует развитие растений, снижает уровень засоренности посадок, оптимизирует температурный режим почвы и способствует лучшему сохранению в ней запасов влаги в засушливые сезоны. Мульча предотвращает потерю почвенной влаги за счет испарения, избыточный перегрев почвы летом, а зимой предохраняет корни от подмерзания. Благодаря мульчированию, растения редко испытывают недостаток воды и питательных веществ. Разлагающаяся мульча служит источником легкоусвояемых элементов минерального питания. Наиболее высокая результативность данного приема достигается при использовании древесных опилок, а при их отсутствии хорошим заменителем может быть кора хвойных пород или дубовые листья. Мульчирование также помогает сохранить в почве ценные органические вещества, что очень важно учитывать при посадке растений на беднеющих торфяных почвах, предохраняет их от минерализации [5].

4. *Биологические свойства ягод голубики*. Ягоды голубики высокорослой являются ценным источником целого ряда биологически активных веществ.

По данным лаборатории химии растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси под руководством Д.К. Шапиро, ягоды голубики представляют ценность как пищевой продукт и как лекарственное сырье. Плоды голубики богаты такими ценными физиологически активными веществами, как фенольные соединения.

Флавонолы (биофлавоноиды) – вещества Р-витаминного действия уменьшают проницаемость и повышают прочность кровеносных капилляров, способствуют усвоению витамина С, участвуют в окислительно-восстановительных процессах, регулируют рабо-

ту некоторых желез внутренней секреции (в первую очередь щитовидной). Отдельным представителям группы биофлавоноидов свойственно противоопухолевое действие.

Употребление ягод в пищу оказывает эффективное действие при атеросклерозе, гипертонической болезни, капилляротоксикозах, ревматизме, ангине и других заболеваниях, связанных с недостаточностью кровеносных капилляров. Кроме того, в ягодах голубики обнаружено содержание довольно значительного количества филлохиона (витамина К1), который принимает участие в свертывающей системе крови.

Ягоды голубики высокорослой обладают большой питательной ценностью, изумительны на вкус, но малокалорийны (61 ккал/100г сырой массы). Как и все сочные плоды, они являются диетическим продуктом.

По исследованиям гастроэнтерологов, ягоды голубики высокорослой полезны особенно пожилым людям для поддержания (активизации) жизненных сил.

Для северных районов ягоды голубики - испытанное противочинготное средство. Сок голубики дают при лихорадке, болезнях желудочно-кишечного тракта, а также для усиления выделения желудочного сока. Ягоды голубики рекомендуются людям, работающим во вредных условиях, так как пектиновые вещества способны связывать и выводить из организма радиоактивные металлы. Глюкозид листьев дал начало лекарственному препарату - неомиртиллину.

В ягодах голубики высокорослой так же содержатся витамины А, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, С, а также кальций, железо и фосфор [3].

### **Заключение**

Таким образом, мы можем сделать вывод о том, что голубика высокорослая не только является ценной ягодной культурой, но и ее экологические требования соответствуют агроклиматическим условиям юга Беларуси. По своим биологическим особенностям голубика не требует рекультивации на протяжении длительного периода времени (50-70 лет). При выращивании в культуре 1 га посадок (во взрослом состоянии) дает урожайность до 10 т/га. Кроме того, прием мульчирования посадок, с одной стороны, повышает устойчивость голубики к неблагоприятным климатическим явлениям, являясь еще и потенциальным источником питания для растения, а с другой стороны, способствует сохранению органического вещества торфяных почв.

### **СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Лихацевич, А.П. Состояние и перспективы сельскохозяйственного использования торфяных почв / А.П. Лихацевич, А.С. Мееровский, В.И. Белковский // Природные ресурсы. - 1997. - № 2. - С. 31-40.
2. Босак, В.Н. Изменение состава почвенного покрова земель западной части Белорусского Полесья под воздействием осушительной мелиорации / В.Н. Босак, А.С. Шик, А.Г. Медуница // Вестник БрГТУ. - 2011. - № 2(68): Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. - С. 95-98.
3. Курлович, Т.В. Голубика высокорослая в Беларуси / Т.В. Курлович, В.Н. Босак - Мн.: Беларуская навука, 1998. - 176 с.
4. Босак, В.Н. Биологические особенности голубики высокорослой при плантационном выращивании в Белорусском Полесье: автореферат дисс. ...канд. биол. наук / В.Н. Босак; ИЭБ НАН Беларуси - Мн., 1999. - 20 с.
5. Бамбалов, Н.Н. Проблемы сохранения органического вещества мелиорированных торфяных почв Полесья / Н.Н. Бамбалов // Проблемы Полесья. - Минск: Наука и техника, 1982. - Вып. 8. - С. 196-203.

Мелеховец Р.А.  
Научный руководитель: Глушко К.А.

### ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ РАСЧЕТА МЕЖДРЕННОГО РАССТОЯНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НА ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНИКАХ

Аналитические зависимости для расчета междренного расстояния прямым или косвенным образом учитывают значение коэффициента фильтрации. Коэффициент фильтрации грунта — скорость фильтрации воды при градиенте напора, равном единице, и линейном законе фильтрации; выражает количество воды, проходящее в единицу времени через единицу сечения грунта.

У первично осушаемых торфяников коэффициент фильтрации — постоянная величина — это обусловлено однородностью водно-физических свойств торфа. При разработке систем первичного осушения расчет междренного расстояния проводится с учетом постоянства величины коэффициента фильтрации. Однако при расчете реконструкции осушительных систем осушенных торфяников возникает необходимость в уточнении коэффициента фильтрации, т.к. он непостоянный и меняет свои значения в зависимости от глубины.

Рассмотрим характер изменения коэффициента фильтрации по вертикальному профилю для выбора глубины, при которой значение коэффициента фильтрации будет в расчете междренного расстояния наиболее правильным.

Коэффициент фильтрации осушенных торфяных почв определялся в полевых условиях прибором Дарси в трехкратной повторности для каждого слоя почвы при трех различных величинах напора. В результате исследований получены характерные кривые изменения коэффициента фильтрации по глубине, представленные на рисунке 1.

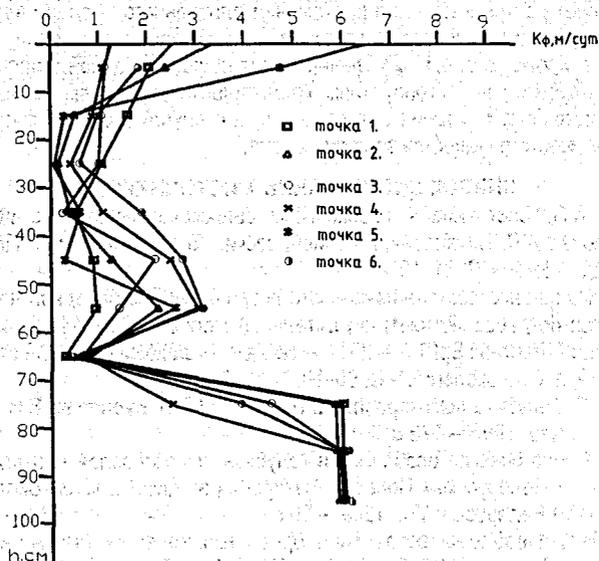


Рисунок 1 — Изменение коэффициента фильтрации осушенных торфяников по глубине

При оценке фильтрационных свойств торфяной почвы установлена следующая закономерность: в пахотном слое и до глубины 30–40 см коэффициент фильтрации снижается в среднем с 2,1 м/сут. до 0,7 м/сут. с последующим плавным увеличением до 1,6–1,8 м/сут. у границы раздела торф – подстилающий песок. На границе раздела торфа и песка наблюдаются отложения разложившегося торфа слоем 3–4 см. Коэффициент фильтрации здесь снижается до 0,8–0,9 м/сут.

Причины, по которым происходит динамика коэффициента фильтрации по глубине могут объясняться практическим использованием торфяных почв. Антропогенное воздействие на такие почвы приводит к усадке торфяников и уплотнению в подпахотном слое за счет перераспределения частиц торфа по глубине. Более мелкие частицы оседают на глубине, граничащей с подстилающим слоем. Схематично такое явление представлено на рисунке 2.

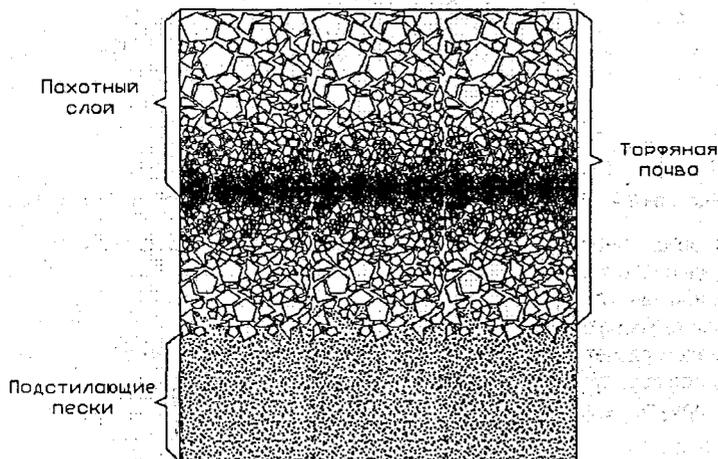


Рисунок 2 – Схематическое объяснение изменения коэффициента фильтрации по глубине

Рассчитаны средние значения коэффициента фильтрации с градацией по 10-см слоям глубины. Расчет сведен в таблицу 1.

Таблица 1 – Значения коэффициента фильтрации  $K_f$  в зависимости от глубины по шести характерным графикам.

Глубина измерения, см	Значения коэффициента фильтрации по различным кривым						Среднее значение коэффициента фильтрации $K_{f,ср}$ , м/сут.
	$K_f^1$ , м/сут.	$K_f^2$ , м/сут.	$K_f^3$ , м/сут.	$K_f^4$ , м/сут.	$K_f^5$ , м/сут.	$K_f^6$ , м/сут.	
10	1,83	0,98	2,51	1,44	1,11	1,39	1,54
20	1,26	0,62	0,19	0,32	1,08	0,77	0,71
30	0,75	0,78	0,32	0,29	0,59	1,22	0,66
40	0,74	1,78	0,45	0,89	1,25	2,29	1,23
50	0,91	2,79	1,48	1,81	1,76	2,93	1,95
60	0,58	1,81	1,59	1,47	1,00	1,78	1,37
70	3,29	1,60	3,22	3,30	2,62	2,19	2,70
80	6,00	4,16	6,00	5,91	5,30	5,00	5,40
90	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00

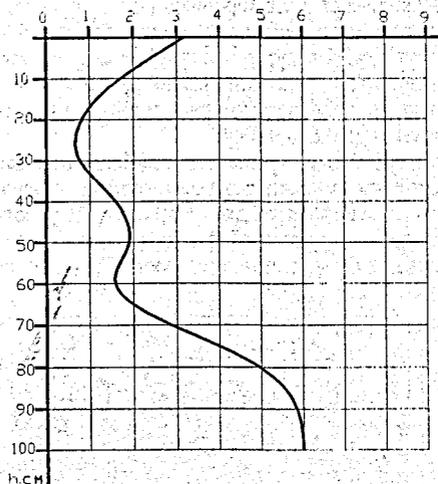


Рисунок 3 – Кривая средних значений коэффициента фильтрации по глубине

Расчет междренних расстояний производится по различным формулам и зависимостям, но наиболее точными и подходящими по условиям применения, а также учитывающими влияние коэффициента фильтрации, будут два метода: формула Аверьянова и зависимость Костякова.

Произведем расчет междренного расстояния с использованием средних значений коэффициентов фильтрации (таблица 1), подставляемых в обе формулы.

1. По формуле Аверьянова:

$$E = 2H_g \cdot \sqrt{\frac{K_\phi}{g} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot S}{H_g}\right) \cdot \alpha},$$

где  $E$  – междренное расстояние, м;

$K_\phi$  – коэффициент фильтрации, м/сут.;

$H_g$  – превышение поверхности грунтовых вод на междуренье над горизонтом воды в дренах, м;

$g$  – модуль дренажного стока за расчетный период, м/сут.;

$S$  – расстояние от дрены до водоупора;

$\alpha$  – коэффициент, находимый по формуле:

$$\alpha = 1 + 5,5 \sqrt{\frac{H-T}{H}} \cdot \sqrt{\frac{r}{T}}$$

2. По расчетной формуле А.Н. Костякова и номограммам для определения расстояний между дренами в однородных грунтах определим междренное расстояние:

$$E = \frac{\pi K H_g}{g \left(2,3 \lg \frac{E}{d} - 1\right)},$$

где  $E$  – междренное расстояние, м;

$K$  – коэффициент фильтрации, м/сут.;

$H_g$  – превышение поверхности грунтовых вод на междуренье над горизонтом воды в дренах, м;

$g$  – модуль дренажного стока за расчетный период, м/сут.;

$d$  – расчетный диаметр дрен, м.

Результаты подстановок коэффициентов фильтрации в формулы заносим в таблицу 2.

Таблица 2 – Вычисление междренного расстояния по двум формулам в зависимости от средних значений коэффициента фильтрации  $K_{фср}$  для различных глубин

Глубина измерения, см	Среднее значение коэффициента фильтрации $K_{фср}$ , м/сут	Междренное расстояние по формуле Аверьянова $E_1$ , м	Междренное расстояние по зависимости Костякова $E_2$ , м	Практическое значение междренного расстояния, м
10	1,54	19,37	12,55	25,0
20	0,71	13,11	5,75	
30	0,66	12,65	5,35	
40	1,23	17,32	10,03	
50	1,95	21,76	15,83	
60	1,37	18,26	11,15	
70	2,70	25,64	21,98	
80	5,40	36,22	43,87	
90	6,00	38,20	48,79	

Сравним полученные значения междренных расстояний со значениями, принятыми на основе опытных данных, представленных в таблицах Черкасова А.А. Значение междренного расстояния для торфяников с учетом опытных данных приняты  $E_{оп} = 25$  м. Это значение обусловлено опытом использования данных земель в хозяйстве.

Как видно из таблицы 2, наиболее близкими к опытному значению междренного расстояния  $E$  будут значения  $E_1$  и  $E_2$  для глубины измерения 0,5 м. Среднее значение коэффициента фильтрации  $K_{фср} = 1,95$  м/сут.

Для расчета междренного расстояния следует отбирать образцы для минимальных подверженных антропогенному воздействию у границ раздела сред и по ним рассчитывать коэффициенты фильтрации.

Отклонение расчетных величин от практического обусловлено тем, что практические значения получены для ненарушенной первичной среды.

УДК 621.221.62-503.52(476.1)

**Протасевич А.Н.**

**Научный руководитель: профессор, д.г.н. Волчек А.А.**

## АНАЛИЗ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗА 2008–2009 гг. ПО БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Водные ресурсы являются одними из главных природных ресурсов, которые существенно влияют на все сферы человеческой жизнедеятельности. Всеобщий дефицит воды диктует ее рациональное использование и бережное к ней отношение. Поэтому анализ использования водных ресурсов является одним из главных условий рационального водопотребления.

Основной источник питьевого водоснабжения Брестской области – подземные воды, которые добываются с более чем 4 тысяч артезианских скважин.

Около 3 % территории области занято водой: реками и мелиоративными каналами (4,4 тыс.), озерами (169), водохранилищами (51) и прудами (330). Они принадлежат водосборам Черного и Балтийского морей. Главными реками являются: Припять, Щара, Западный Буг. Общая длина рек составляет 16,4 тыс. км. Озера, как правило, небольшие. Около 90% из них имеют площадь 0,1 км<sup>2</sup>. Интенсификация сельского хозяйства и промышленности привела к широкому воздействию на природные ресурсы, в том числе и водные.

Общий забор поверхностных и подземных вод в области в 2009 году составил 287,47 млн.м<sup>3</sup>/год, что на 15,82 млн.м<sup>3</sup>/год, или 5,8%, больше, чем в 2008 году.

Забор воды из природных водных объектов для использования составил 264,47 млн.м<sup>3</sup>/год, что 15,82 млн. м<sup>3</sup> или 6,4% больше по сравнению с предыдущим годом. При этом использовано свежей воды составило 245,15 млн.м<sup>3</sup>/год, что больше, чем в 2008 году на 14,53 млн.м<sup>3</sup>, или 6,3%. Структура потребления свежей воды приведена в таблице.

Таблица 1 – Водопотребление свежей воды на народнохозяйственные нужды Брестской области, млн.м<sup>3</sup>/год

Категории водопользования	Годы		Тенденция изменения
	2008	2009	
Хозяйственно-питьевые нужды	67,12	56,38	-10,74 (-16 %)
Производственные нужды	27,64	25,52	-2,12 (-7,7 %)
Орошение	2,94	3,91	0,97 (33 %)
Сельхозводоснабжение	18,36	19,43	1,07 (5,8 %)
Прудово-рыбное хозяйство	114,641	139,91	25,35 (22,1 %)

Объем воды в системах оборотного и повторного водоснабжения снизился на 233,37 млн.м<sup>3</sup> (31,8%) и составил 501,05 млн.м<sup>3</sup>. Водоотведение по области составило 209,98 млн.м<sup>3</sup>/год (без учета ливневых сточных вод), что на 39,22 млн.м<sup>3</sup>/год, или 23,0%, больше, чем в 2008 году.

Из общего объема водоотведения сброс в поверхностные водные объекты (без учета ливневых вод) составил 194,37 млн.м<sup>3</sup>/год, что на 40,41 млн.м<sup>3</sup>/год, или 26,2%, больше, чем в 2008 году, из них: недостаточно-очищенных – 0,03 млн.м<sup>3</sup>/год, очищенных до нормы – 71,33 млн.м<sup>3</sup>/год (на 3,53 млн.м<sup>3</sup>, или 4,7%, меньше, чем в 2008 году), нормативно-чистых – 123,01 млн.м<sup>3</sup>/год (на 45,41 млн.м<sup>3</sup>, или 58,5%, больше, чем в 2008 году).

Сброс на поля фильтрации, выгребов (накопители) составил 13,03 млн.м<sup>3</sup>/год (на 1,11 млн.м<sup>3</sup>, или 7,8%, меньше, чем в 2008 году), на ЗПО – 2,58 млн.м<sup>3</sup>/год.

В целом объем водоотведения увеличился на 39,22 млн.м<sup>3</sup>/год, или 23,0%, по сравнению с 2008 годом. Причины увеличения – рост объема сброса нормативно-чистых сточных вод за счет постановки на учет новых субъектов водопользования.

По-прежнему отмечается снижение объема водоотведения предприятиями жилищно-коммунального хозяйства в городах: Брест – на 1,64 млн.м<sup>3</sup>, Пинск – на 1,3 млн.м<sup>3</sup>, Кобрин – на 0,41 млн.м<sup>3</sup>, Иваново – на 0,49 млн.м<sup>3</sup> и др.

Мощность очистных сооружений со сбросом в природные водные объекты составила 172,64 млн.м<sup>3</sup>, что на 0,35 млн.м<sup>3</sup> (0,2%) меньше, чем в 2008 году.

Количество и мощность очистных сооружений механической очистки производственных сточных вод не изменились – 10 штук мощностью 3,91 млн.м<sup>3</sup>/год.

За 2009 год мощность полей фильтрации составила 55,79 млн.м<sup>3</sup>/год, в 2008 году – 54,45 млн.м<sup>3</sup>/год. При этом площадь карт полей фильтрации снизилась с 857,3 га в 2007 году до 833,5 га.

Как показал анализ количества и состава сбрасываемых сточных вод, объем сброса загрязнений органических веществ по БПК<sub>5</sub>, сульфатам, хлоридам, фосфатам, азоту нитритному и нитратному, СПАВ, цинку – снизилась. Произошло увеличение содержания взвешенных веществ на 0,18 т или на 11,4%, что связано с увеличением объема сточных вод, содержащих данное загрязняющее вещество. Этим же объясняется увеличение содержания минерального состава. Причиной увеличения содержания металлов (медь, никель, хром общий) стало ухудшение эффективности работы очистных сооружений из-за неэффективной работы локальных очистных сооружений по ряду предприятий города Бреста.

Основное количество сточных вод, имеющих загрязняющие вещества, приходится на предприятия жилищно-коммунального хозяйства (64,4%). В их составе содержалось 93,8% органических веществ, 100,0% нефтепродуктов, фосфатов; хрома общего, цинка, азота нитритного, 97,7% азота аммонийного и др. В 2008 году заметно ухудшилась эффективность работы очистных сооружений в городах Брест, Береза, Ивацевичи.

Таким образом, наблюдается значительный рост водопотребления в прудово-рыбном хозяйстве, и имеется заметная тенденция в снижении водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды. При этом произошло увеличение содержания загрязняющих веществ в сточных водах жилищно-коммунального сектора.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Государственный статистический «Отчет об использовании воды» по форме 1-вода (Минприроды).

УДК 628.162

*Рачко Н.Ю.*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Белов С.Г.*

### ОЧИСТКА ВЫСОКОМУТНЫХ ДРЕНАЖНЫХ ВОД МЕЛОВОГО КАРЬЕРА МЕТОДОМ РЕАГЕНТНОЙ КОАГУЛЯЦИИ

#### Введение

Месторождение строительных материалов «Хотиславское» расположено в Брестской области, в долине одного из левых притоков р. Рита, и находится южнее г. п. Малорита.

Месторождение содержит большое количество песка (30 млн.т) и мела (около 50 млн.т); которые являются ценным сырьем для производства строительных материалов и используются в качестве сырья в стекольной, металлургической, химической и других отраслях промышленности.

Разработка карьера ведется открытым способом, осушение осуществляется открытым водосливом. Среднесуточный расход дренажных вод в настоящее время составляет около 3000 м<sup>3</sup>/сут. В ближайшем будущем в связи с увеличением разрабатываемой площади и глубины карьера ожидается увеличение расхода сточных вод до 10000 м<sup>3</sup>/сут.

Дренажная вода откачивается насосом из карьера в естественный водоем – отстойник, далее попадает в мелиоративный канал, который впадает в водоем рыбо – хозяйственного значения – р. Рита.

Дренажная вода является высокомутной. Концентрация взвешенных веществ составляет 1280 мг/л, прозрачность по шрифту – 5 мм. Значительная часть взвешенных веществ находится в коллоидном состоянии, даже при длительном отстаивании в покое (в течение 3-х суток) полного осветления не происходит. По данным лаборатории аналитического контроля областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды, в месте выпуска мелиоративного канала в р. Рита вода содержит 43 мг/л тонкой взвеси, которая значительно увеличивает мутность речной воды. До выпуска мутность в р. Рита составляет 7,8 мг/л, ниже выпуска в контрольном створе – 16 мг/л, что значительно превышает допустимую норму (8,55 мг/л). Поэтому областным комитетом природных ресурсов и охраны окружающей среды был поставлен вопрос об очистке отводимых дренажных вод карьера.

### Методическая часть

Исследования проводились в лаборатории очистки производственных сточных вод Брестского государственного технического университета по следующей методике.

В 0,5 л обрабатываемой воды, находящейся в стеклянном стакане, при непрерывном перемешивании вводилась заданная доза коагулянта в виде раствора с концентрацией 25 мг/мл по безводному веществу. Далее стакан устанавливался на магнитную мешалку, и осуществлялось перемешивание в течение 2-х минут с интенсивностью перемешивания  $G=200$ . Через 2 минуты при работающей мешалке вводилась заданная доза флокулянта ПАА (полиакриламид) в виде раствора с концентрацией 1 мг/мл по безводному веществу. После этого параметр перемешивания  $G$  снижался до значения  $G=50$ , и в данном режиме осуществлялось перемешивание в течение 10 минут для осуществления процесса флокуляции. После этого стакан снимался с магнитной мешалки, и начинался отсчет времени отстаивания. По прошествии заданного времени отстаивания из середины стакана пипеткой отбиралась проба осветленной воды и на спектрофотометре SP 830 Plus определялась ее оптическая плотность в кювете с длиной оптического пути 10 миллиметров на длине волны 550 нм. По оптической плотности образца с помощью калибровочного графика определялась остаточная концентрация взвешенных веществ.

Для построения калибровочного графика исследуемая вода была обработана хлористым кальцием  $CaCl_2$  (коагулянт) дозой в 2 г/л. После 24 часового отстаивания выпавший осадок взвешенного вещества, выделенный методом декантации, высушивался при температуре  $t=105^{\circ}C$  до постоянной массы. Затем осадок растирался в фарфоровой ступке до пылевидного состояния. Отвешивалась точная навеска осадка массой 1 грамм и разбавлялась литром дистиллированной воды, подкрашенной органическим красителем "бензанил зеленый" в концентрации 1 мг/л. При этом оптическая плотность дистиллированной воды с добавлением красителя была такой же, как и оптическая плотность полностью осветленной дренажной воды мелового карьера. Полностью осветленная дренажная вода имеет зеленый оттенок, обусловленный содержанием железа. Из полученной суспензии взвешенных веществ с концентрацией 1000 мг/л методом разбавления приготавливались растворы с меньшей концентрацией, и измерялась их оптическая плотность. По полученным данным был построен калибровочный график для определения концентрации взвешенных веществ в зависимости от оптической плотности исследуемой воды [1].

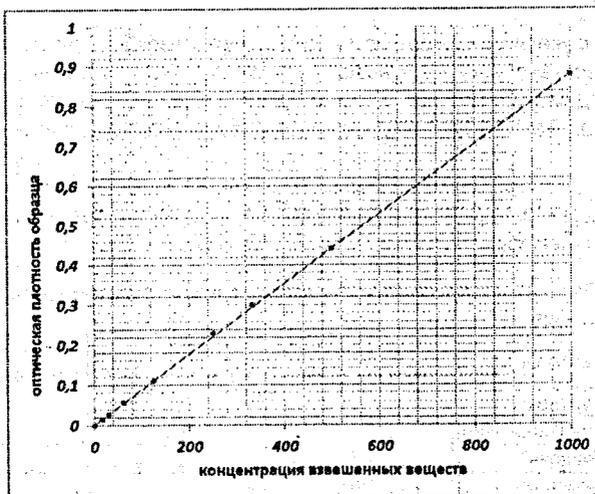


Рисунок 1 – Калибровочный график для определения концентрации взвешенных веществ по оптической плотности

### Экспериментальная часть

Эксперимент по осветлению высокомутных дренажных вод мелового карьера осуществлялся по вышеприведенной методике. Исследовалась эффективность применения коагулянтов: сульфата алюминия  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  и сульфата трехвалентного железа  $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ . Данные реагенты дозировались по безводному веществу. В качестве флокулянта использовали полиакриламид (ПАА). Третьим фактором являлось время отстаивания после проведенных процессов коагуляции и флокуляции. Функцией отклика являлась остаточная концентрация взвешенных веществ в дренажной воде после обработки. Допустимая концентрация взвешенных веществ в сбрасываемой очищенной дренажной воде была рассчитана с учетом того, что водоотведение осуществляется в водоем рыбохозяйственного значения – р. Рита. Данная концентрация составляет не более 10 мг/л.

### Коагулирование сульфатом алюминия

На начальном этапе была исследована эффективность применения сульфата алюминия без добавления флокулянта. Полученные результаты представлены на рис. 2.

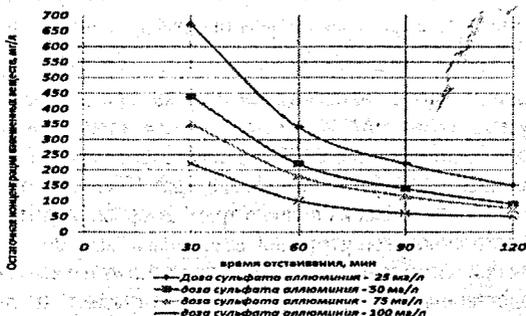


Рисунок 2 – Коагулирование сульфатом алюминия без использования флокулянта

Как видно, с увеличением дозы сульфата алюминия эффективность очистки увеличивается. Однако даже при дозе сульфата алюминия 100 мг/л и времени отстаивания 120 минут необходимая остаточная концентрация взвешенных веществ в очищенной воде не достигнута. Поэтому дальнейшие исследования осуществлялись с добавлением флокулянта.

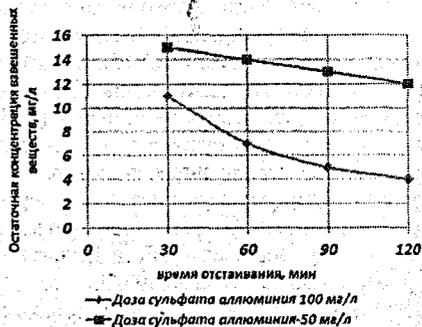
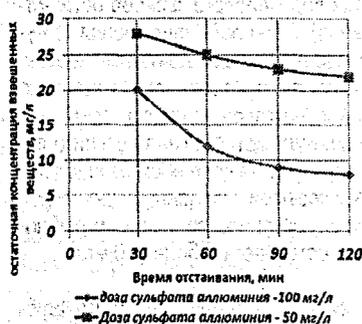
*Коагулирование сульфатом алюминия с применением флокулянта*

В данной серии экспериментов исследовалось влияние 3-х факторов: дозы коагулянта, дозы флокулянта и времени отстаивания. План эксперимента приведен в таблице 1 [2].

**Таблица 1** – План эксперимента по исследованию влияния основных факторов процесса коагуляции

Наименование	Доза коагулянта, мг/л	Доза флокулянта, мг/л	Продолжительность отстаивания, мин.
Основной уровень	75	1,5	60
Интервал варьирования	25	0,5	30
Верхний уровень	100	2	90
Нижний уровень	50	1	30

На рисунке 3 представлены результаты обработки дренажной воды сульфатом алюминия дозами 50 и 100 мг/л при различных дозах ПАА.



**Рисунок 3** – Эффективность применения коагулянта сульфата алюминия при дозе ПАА 1 мг/л (а) и 2 мг/л (б)

Как видно из данных, представленных на рисунке, при дозе сульфата алюминия 50 мг/л и исследуемых дозах ПАА (1 и 2 мг/л) достичь требуемого уровня очистки не удалось. При дозе сульфата алюминия 100 мг/л и дозе флокулянта 2 мг/л требуемая степень очистки достигалась за время отстаивания порядка 40 минут, а при дозе флокулянта 1 мг/л – 75 минут. После выполнения полного трехфакторного эксперимента была получена зависимость остаточной концентрации взвешенных веществ от дозы коагулянта сульфата алюминия при оптимальной дозе флокулянта 1,5 мг/л и времени отстаивания 60 минут. Данные представлены на рисунке 4, которые показывают, что для достижения заданной степени очистки достаточная доза сульфата алюминия составляет 75 мг/л.

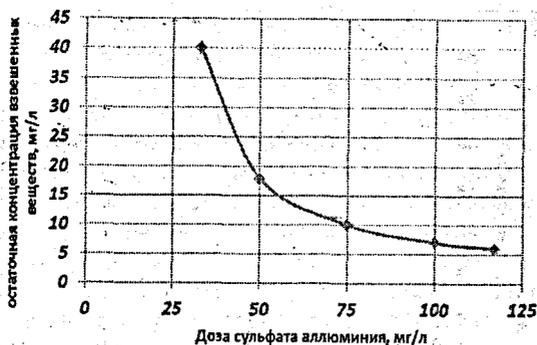


Рисунок 4 – Эффективность применения различных доз сульфата алюминия при времени отстаивания 60 мин и дозе ПАА 1,5 мг/л

### Коагулирование сульфатом железа (III)

Исследования эффективности процесса очистки дренажных вод с использованием коагулянта сульфата железа (III) осуществлялись по плану эксперимента, аналогичному с использованием сульфата алюминия. На рисунке 5 представлены полученные результаты.

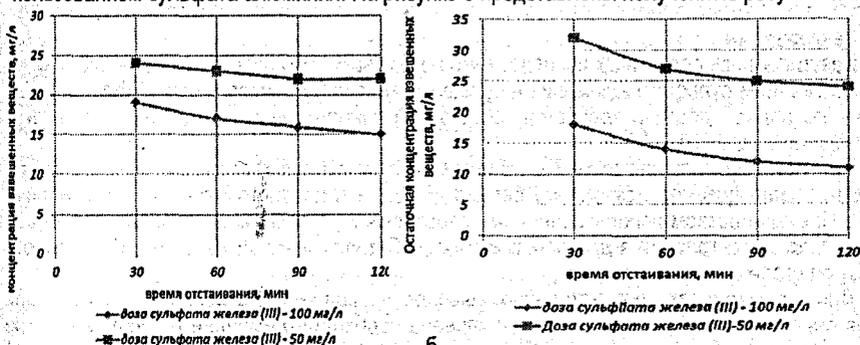


Рисунок 5 – Эффективность применения коагулянта сульфата железа (III) при дозе ПАА 1 мг/л (а) и 2 мг/л (б)

Как видно из данных, представленных на рисунках, ни в одном из вариантов достичь требуемой степени очистки не удалось. Наиболее эффективным вариантом было применение 100 мг/л сульфата железа (III) при дозе ПАА 2 мг/л и времени отстаивания 120 мин. При этом была достигнута остаточная концентрация взвешенных веществ 12 мг/л.

Следует отметить, что по сравнению с коагулянтом сульфатом алюминия при коагулировании сульфатом железа время последующего отстаивания менее сильно влияло на полученный результат. Это объясняется тем, что при коагулировании солями железа образуются более тяжелые и компактные осадки, которые значительно быстрее оседают.

С целью выявления дозы сульфата железа (III), позволяющей достичь требуемой степени очистки, были исследованы более высокие дозы сульфата железа (III) при температуре отстаивания 60 минут и количестве ПАА – 2 мг/л. Результаты опытов представлены на рисунке 6.

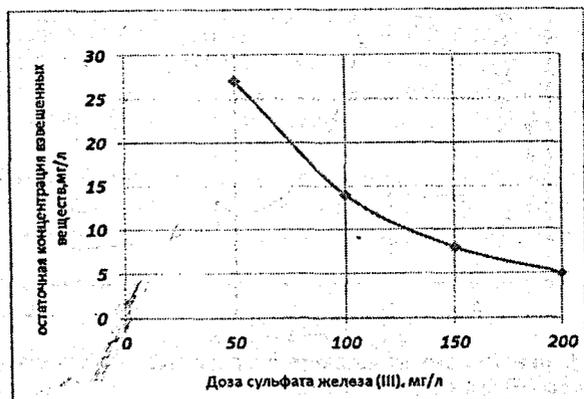


Рисунок 6 – Эффективность применения различных доз сульфата железа (III) при времени отстаивания 60 мин и дозе ПАА 2 мг/л

Из рисунка видно, что требуемая степень очистки дренажных вод была достигнута при дозе сульфата железа (III) 125 мг/л и дозе флокулянта 2 мг/л.

#### Закключение

Результаты выполненных исследований показывают, что реагентная коагуляция с использованием сульфата алюминия и сульфата железа (III) с последующей флокуляцией ПАА позволяет достичь требуемой остаточной концентрации взвешенных веществ в очищенной воде (10 мг/л).

При этом при использовании в качестве коагулянта сульфата алюминия требуются его меньшие дозы по безводному веществу, чем при использовании сульфата железа (III). Преимуществом использования железосодержащих коагулянтов является меньшее время, которое требуется для осветления обрабатываемой воды и меньший объем образующегося осадка.

Для формулировки окончательных выводов по применению реагентной коагуляции для очистки дренажных вод мелового карьера необходимо выполнить дополнительные исследования.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Строкач, П.П.. Практикум по технологии очистки природных вод: уч. пособие / П.П. Строкач, Л.А. Кульский – Мн.: Выш. школа, 1980. – 320 с.
2. Алексеев, М.И. Основы постановки научных исследований по очистке сточных вод: уч. пособие / М.И. Алексеев, Б.Г. Мишуков [и др.]. – ЛИСИ, 1987. – 52 с.

УДК 621.92.001.891.57:744

**Сноп Е.С., Штофен А.С.**

*Научный руководитель: ассистент Мищирук О.М., доцент Шумская Л.П.*

#### ПРИМЕНЕНИЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Большинство технических деталей, архитектурные сооружения, различные фрагменты и предметы являются пересечением различных геометрических форм – призм, параллелепипедов, поверхностей вращения и более сложных кривых поверхностей. При

проектировании и выполнении изображений на проекционных чертежах необходимо строить линии пересечения поверхностей. Построение линий пересечения двух геометрических образов представляет собой самостоятельную задачу.

Два многогранника пересекаются между собой по пространственным ломаным линиям, частным видом которых могут быть многоугольники. Поверхность вращения с многогранником пересекается по линиям, состоящим из участков плоских кривых. Две поверхности вращения пересекаются между собой по плоским или пространственным кривым линиям.

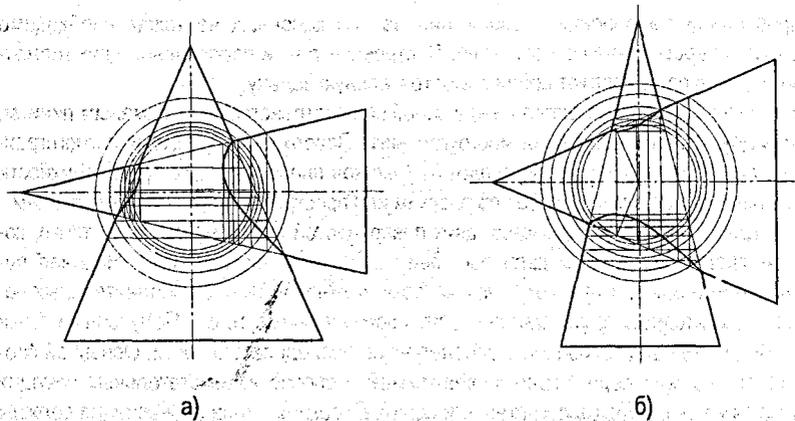
Для построения линии пересечения двух поверхностей нужно найти такие точки, которые одновременно принадлежали бы обоим заданным поверхностям. Начиная построение, прежде всего, выявляют точки, которые можно найти без дополнительных построений – характерные точки. Далее строят промежуточные точки. Полученные точки следует соединить плавной кривой в определенной последовательности. Основным способом построения линии пересечения поверхностей – способ вспомогательных секущих поверхностей посредников (плоскостей или сфер). Проекции линии пересечения должны располагаться в пределах очерков как одной, так и другой поверхности одновременно.

В выполненных задачах использованы посредники – сферы, пересечения которых с заданными поверхностями будут окружностями. Но прежде чем перейти к применению сферических посредников, необходимо установить характер линии пересечения поверхностей вращения. Данный способ заключается в том, что берут сферу с центром в точке пересечения осей и находят линии пересечения с данными поверхностями, которые проецируются отрезками прямых на соответствующую плоскость проекций. Их пересечения и дают точки искомой линии пересечения. Для построения предельных точек (самых близких) берется сфера, касательная к одной поверхности, но пересекающая другую поверхность. Точки пересечения очерковых линий также будут принадлежать линии пересечения (характерные точки).

Из двух поверхностей только одна пересекает другую, причем одна из поверхностей при этом сохраняется, а на другой образуется отверстие. Когда одна из поверхностей полностью пронизывает другую, получаются две отдельные линии пересечения, которые называются «ветвями». В случае получения так называемой «врезки», когда одна из поверхностей частично входит в другую, линия пересечения поверхностей будет одна.

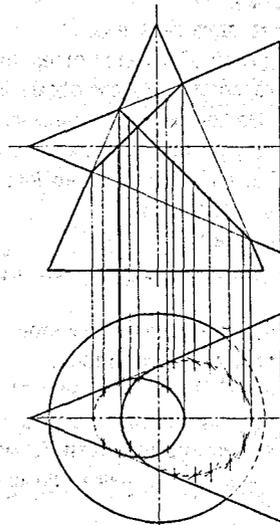
При выполнении чертежей выработан план решения задач на построение проекций линий пересечения двух кривых поверхностей:

1. Построить проекции заданных тел;
2. Произвести анализ взаимного расположения тел и расположения их относительно плоскостей проекций;
3. Установить центр для проведения сфер посредников;
4. Определить характерные и промежуточные точки;
5. Решить вопрос видимости;
6. Представить себе линии (или линию) пересечения в пространстве и их проекции, при затруднении изготовить макет или использовать 3D-моделирование для наглядности;
7. Последовательно соединить видимые точки сплошной основной, а невидимые – штриховой линией.



**Рисунок 1** – Нахождение линии пересечения двух конусов методом вспомогательных сфер-средников: а) основание вертикального конуса больше основания горизонтального конуса; б) основание горизонтального конуса больше основания вертикального конуса

Изучив положение пересекающихся между собой кривых поверхностей, установили, что в задачах имеет место случай проникания поверхностей. В двух задачах линия пересечения заданных поверхностей распадается на две «ветви», каждая из которых – замкнутая пространственная кривая линия (рисунок 1). В третьей задаче необходимо построить проекции линии пересечения двух конических поверхностей, описанных около одной и той же сферы. На основании теоремы Монжа можно установить, что эти поверхности пересекаются по плоским кривым, фронтальные проекции которых – прямые линии (рисунок 2).



**Рисунок 2** – Нахождение линии пересечения двух поверхностей по теореме Монжа

Решив данные задачи вручную, выявлены затруднения в представлении себе линий пересечения в пространстве и их проекций, а также затруднения при решении видимости. Для наглядности построили 3D-модель на компьютере (рисунок 3). Построение трехмерных моделей задачи в целом проводилось с использованием КОМПАС-3D. Рассмотрев трехмерные модели, нам стали более понятны алгоритмы, которые мы применяли при решении данных задач на плоском чертеже. Выполнение чертежей НГ по их 3D-моделям обычно оказывается значительно менее трудоемким и длительным. Также построение трехмерной модели вызывает невольный интерес в нахождении линии пересечения двух поверхностей «произвольной» формы, хотя найти ее методами НГ теоретически возможно, но на компьютере искомая линия получается просто в результате построения заданных поверхностей. Следовательно, данный процесс не только полезен, но и интересен.

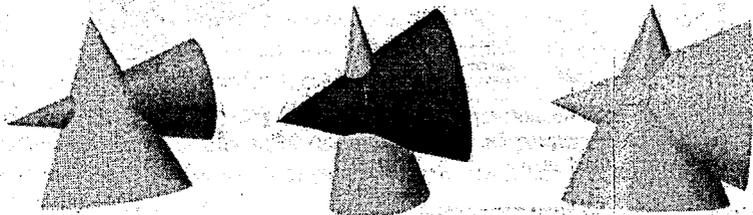


Рисунок 3 – Трехмерные модели задач

Также на компьютере решение подобных задач можно получать «автоматически», причем с учетом видимости участков линии пересечения. В «Компас График» для этого применяют 3D-моделирование и панель «Ассоциативных видов».

УДК 620.9

*Шитик С.В., Овсяник А.В.*

*Научный руководитель: профессор Северянин В.С.*

### **ВЕТРОТЕПЛОГЕНЕРАЦИЯ**

#### **Введение**

Целью настоящей работы является усиление внимания к проблеме разумного и перспективного применения альтернативного источника энергии ветра, демонстрация полезной модели «теплогенератор механический» и принципа её работы.

В условиях дороговизны углеводородных энергоресурсов в Республике Беларусь, как и за ее пределами, наметилась тенденция к переходу на использование нетрадиционных источников энергии. Одним из наиболее приемлемых источников такой энергии в нашей стране является энергия движения воздушных потоков в атмосфере – ветер.

На территории республики ветер характеризуется невысокой скоростью, что вынуждает конструировать установки, эффективно преобразующие энергию, полученную от ветроустановки. Данная задача решается посредством исключения промежуточных этапов на пути преобразования энергии. Такого результата можно достичь в процессе получения теплоты непосредственно из энергии, воспринятой ветроустановкой. Конструирование генератора теплоты, реализующего поставленные задачи, является основным направлением настоящих исследований.

### Схема и принцип действия установки

Ветрогенерирующая установка состоит из ветровой установки, редуктора, теплогенератора механического, системы коммуникаций (см. рис 1). В качестве ветровой установки принята запатентованная установка БРТУ [1].

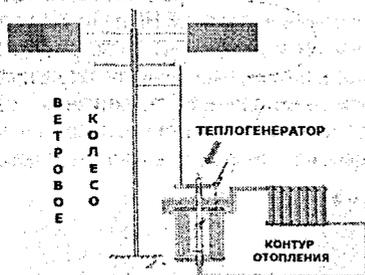


Рисунок 1 – Схема ветротеплогенерирующей установки с подключённым к ней контуром отопления

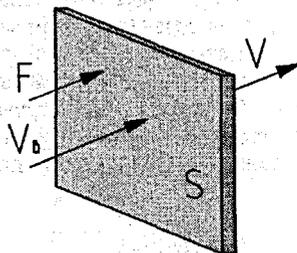


Рисунок 2 – Схема действующих на лопасть сил

### Расчётные характеристики теплогенератора

При средней скорости ветра  $4 \text{ м/с}$  на лопасть рассматриваемой ветроустановки (см. рис 2) действует момент, равный  $M = 15,6 \text{ Н·м}$ . Тогда по общеизвестной формуле для определения [2, 3, 4] мощности при вращательном движении получим:  $P = M \cdot \omega = 100 \text{ Вт}$ . Так как при передаче энергии на генератор тепла на трение в механизмах теряется около 30%, то мощность генератора составит примерно  $70 \text{ Вт}$ . При данной мощности за 1 час, в устройстве, 1 литр воды можно нагреть на  $60 \text{ °C}$ .

Устройство для генерации теплоты спроектировано самостоятельно с нуля, пока никто не создавал подобное устройство, позволяющее напрямую преобразовать механическую энергию в тепловую.

Рассмотрим непосредственно теплогенератор механический (см. рис. 3).

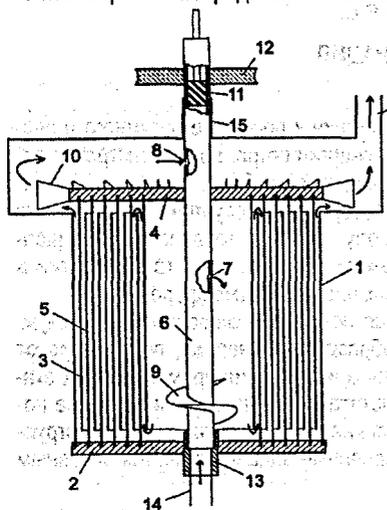


Рисунок 3 – Схема теплогенератора механического: 1 – емкость; 2 – дно; 3 – верхние цилиндры; 4 – крышка; 5 – нижние цилиндры; 6 – полый вал; 7 – впускное отверстие; 8 – циркуляционное отверстие; 9 – винт Архимеда; 10 – крыльчатка; 11 – поршень; 12 – шкив; 13 – втулка; 14 – входной патрубок; 15 – сальник; 16 – выходной патрубок; стрелки – движение теплоносителя

Теплогенератор механический состоит из емкости 1 с дном 2, на котором расположены неподвижные нижние цилиндры 3 и крышка 4, на которой расположены подвижные верхние цилиндры 5, через емкость 1 проходит полый вал 6, в котором проделаны впускное отверстие 7 и циркуляционное отверстие 8, а в нижней части закреплён винт Архимеда 9. На подвижной крышке 4 смонтирована крыльчатка 10. Полый вал 6, внутри которого помещён поршень 11 и на котором закреплён шкив 12, удерживается на емкости 1 при помощи втулки 13, в которой имеется входной патрубков 14, и сальник 15. В верхней части емкости 1 расположен выходной патрубков 16.

Теплогенератор может работать в двух режимах.

В первом режиме – полый вал 6, который удерживается сальником 15 и вставлен во втулку 13, приводится во вращательное движение через шкив 12.

Холодная жидкость поступает через входной патрубков 14 и впускное отверстие 7 в полый вал 6 вовнутрь емкости 1, откуда винтом Архимеда 9 поступившая жидкость нагнетается в зазоры между чередующимися неподвижными нижними цилиндрами 3 дна 2 и подвижными верхними цилиндрами 5 крышки 4, где в результате трения жидкость нагревается, далее просасывается за счёт вращения крыльчатки 10, после чего удаляется через выходной патрубков 16.

Во втором режиме, при поднятом поршне 11 и закрытом не показанном на чертеже вентиле выходного патрубков 16, жидкость циркулирует внутри емкости 1 через циркуляционное отверстие 8, и в результате циркуляции нагревается до более высокой температуры.

Степень нагрева можно регулировать посредством частичного закрытия циркуляционного отверстия 8 поршнем 11 и частичного открытия вентиля выходного патрубков 16.

Достоинства предполагаемого ветротеплогенератора – упрощенная конструкция ветроприемника (барabanного колеса), редуктора (кольцо), теплогенератора простого в изготовлении коаксиального типа.

### **Заключение**

Целью работы являлось конструирование источника теплоты, который мог бы эффективно использовать низкопотенциальную энергию ветра, действующего на территории Республики Беларусь, и был бы доступен по стоимости и целесообразен для установки в небольших домашних хозяйствах. В целом были изучены аэродинамические особенности территории Республики Беларусь, оценена возможность создания и установки теплогенератора предложенной конструкции.

### **СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Ветроэнергостановка: пат. 5178 Респ. Беларусь, МПК(2006) F 03 D 5/00 / В.С. Северянин, Р.А. Пархотик, С.Н Павленко; заявитель Брест. гос. техн. ун-т. – № u20080465; заявл. 2008.06.09; опубл. 2009.01.05.
2. Фатеев, Е.М. Ветро двигатели и их применение в сельском хозяйстве. – М., 1952.
3. Ляшков, В.И. Теоретические основы теплотехники: уч. пособие. – Москва, 2002.
4. Шэфтер, Я.И. Использование энергии ветра. – Москва: Энергоатомиздат, 1983.

# ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

### **ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАБОТЫ С КОНЕЧНЫМИ АВТОМАТАМИ**

В данной работе описывается разработанный авторами программный комплекс, который позволяет выполнять над полным конечным автоматом ряд подготовительных действий, необходимых для его последовательной декомпозиции и построения соответствующей функциональной схемы, реализующей автомат.

Последовательная декомпозиция автомата – это его представление в виде нескольких более простых автоматов, которые при последовательном их функционировании выполняют ту же работу, что и исходный автомат. Выполненное таким образом построение автомата позволяет упростить его аппаратную реализацию.

Для упрощения реализации логического блока конечного автомата в книге [1] предложен подход, связанный с построением конгруэнций, т.е. с построением таких разбиений множества состояний автомата на блоки, когда при подаче входного сигнала элементы из одного и того же блока разбиения переходят также в один и тот же блок этого разбиения. После отыскания нетривиальной конгруэнции подбирается ортогональное ей разбиение, блоки конгруэнции и разбиения кодируются двоичными кодами, что, в конечном итоге, определяет код каждого состояния автомата.

Отыскание всех конгруэнций автомата вручную является достаточно громоздкой и трудоемкой задачей. Данный программный комплекс решает эту задачу за минимальное время. Кроме того, для выбранной пользователем конгруэнции автоматически подбирается соответствующее ей ортогональное разбиение множества состояний, состояния кодируются, а затем строятся таблицы истинности всех логических функций, реализующих функцию переходов заданного автомата.

Чтобы определить, возможна ли последовательная декомпозиция автомата, а также для последующего построения функциональной схемы, необходимо знать представления полученных логических функций в виде формул минимальной сложности. Для построения минимальных ДНФ логических функций был выбран метод Квайна-МакКласки, являющийся оптимальным для программной реализации и позволяющий получать минимальные ДНФ для функций любого числа переменных.

Таким образом, данный программный комплекс дает возможность над таблично заданным конечным автоматом выполнять ряд действий, результаты которых очень часто востребованы при проектировании и исследовании автоматов. Данный программный комплекс позволяет:

- задавать автомат с произвольным числом входных символов и состояний непосредственно в специальном окне программы, либо открыть программой подготовленную в обычном текстовом файле таблицу переходов и выходов;
- сохранять таблично заданный автомат в текстовом файле;
- получать граф таблично заданного автомата и, при необходимости, сохранять полученное изображение в формате .png;
- получать таблицу переходов и выходов, а также граф минимального автомата, эквивалентного заданному;
- визуально сравнивать таблицы переходов и выходов, а также графы исходного и минимизированного автоматов;
- получать все нетривиальные конгруэнции автомата (исходного или минимизированного), при условии, что такие конгруэнции существуют;

- выбирать любую из найденных конгруэнций и получать ортогональное к ней разбиение и соответствующее кодирование состояний автомата;
- получать кодированную таблицу переходов;
- получать минимальные ДНФ для всех логических функций, определяющих двоичные разряды кода следующего состояния, в которое переходит автомат, в зависимости от значений разрядов кода текущего состояния автомата и кода входного сигнала.

Пользователю предоставляется возможность выполнять при необходимости только некоторые из перечисленных действий. Например, можно либо минимизировать произвольную таблично заданную логическую функцию, либо ограничиться минимизацией автомата, либо просто получить граф заданного автомата и т.д.

Приведем описание некоторых возможностей работы с программой на конкретном примере.

Задав автомат, выполним его минимизацию. На рисунке 1 показаны таблица исходного автомата, а также полученные с помощью программы таблица минимизированного автомата и оба графа.

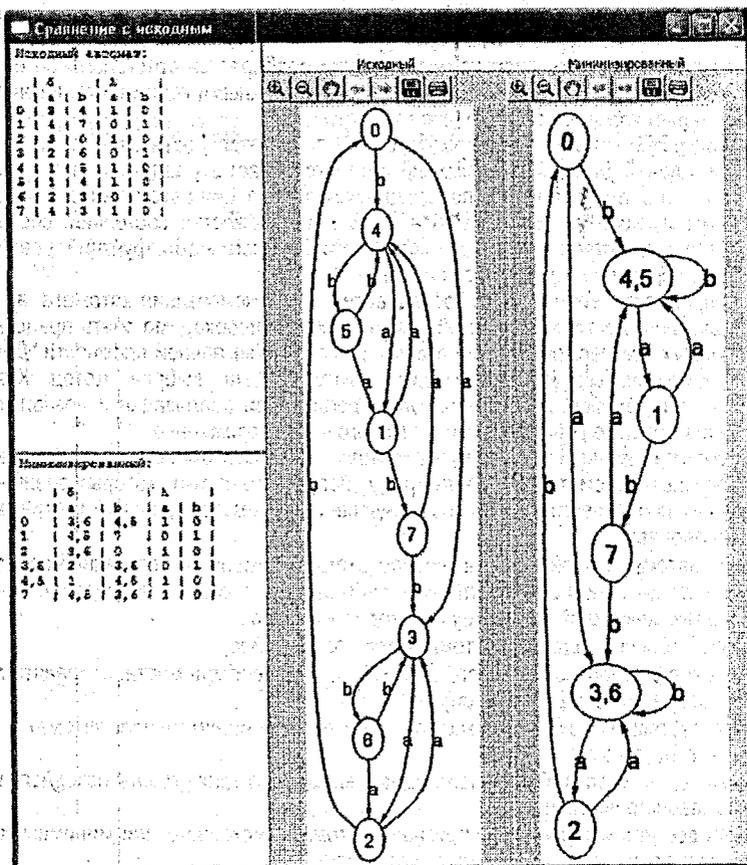


Рисунок 1

Для текущего автомата выполним нахождение конгруэнций (щелкнув соответствующую кнопку или выбрав пункт меню «Функции», «Нахождение конгруэнций»). После этого в окне появляется список найденных нетривиальных конгруэнций автомата, а также отобразится ход решения этой задачи. Если автомат не имеет нетривиальных конгруэнций, то выводится соответствующее сообщение. В нашем примере найдены две нетривиальные конгруэнции. Выбираем одну из них, и, щелкнув кнопку «Последовательная декомпозиция», получаем результат, показанный на рис. 2. В этом окне также отображается весь ход решения данной задачи, а именно – кодирование состояний и получение минимальных ДНФ методом Квайна-МакКласки.

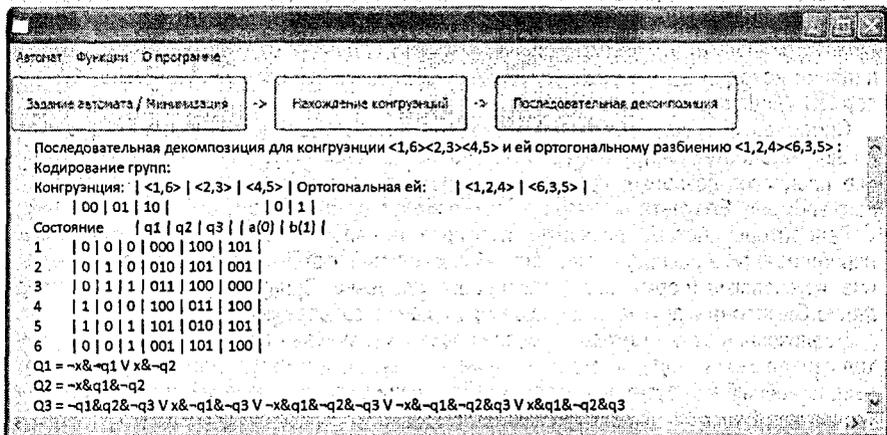


Рисунок 2

Предложенный программный комплекс также позволяет видеть последовательность действий, выполняемых в ходе решения многих из упомянутых задач. Весь ход решения отображается в окне программы в текстовом формате и может быть скопирован и использован для любых дальнейших действий. Это свойство позволяет использовать программный комплекс в учебном процессе.

Рассмотренный программный комплекс был разработан авторами на языке C# с использованием технологий .Net 4.0, WPF, а также библиотеки Microsoft GLEE.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Карпов, Ю.Г. Теория автоматов / Ю.Г. Карпов – СПб.: Питер, 2002. – 224 с.

УДК 681.3

Давидюк Ю.И., Евчик С.А.

Научный руководитель: проф. Муравьев Г.Л.

### РАСШИРЯЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА ИМИТАЦИИ СЛУЧАЙНЫХ ОБЪЕКТОВ

Цель работы – разработка программного и информационного обеспечения гибкой, расширяемой и адаптируемой к решаемым задачам системы. Система предназначена для поддержки работы со случайными величинами и случайными процессами в ходе проведения моделирования, включая построение концептуальных моделей систем на базе анализа данных об их функционировании, получение данных для параметризации моделей на базе стохастических сетей и оценки их адекватности.

Отличительные особенности:

- расширяемость функциональных возможностей, простота модификации, добавления новых методов, достигаемая использованием независимо компилируемых модулей (плагинов), динамически подключаемый к системе;
- многоплатформенность, обеспеченная технологией кросс-платформенного программирования;
- поддержка работы с базовыми последовательностями, случайными величинами, системами величин, случайными процессами, последовательностями, включая генерацию и их анализ (получение точечных оценок, проверку гипотез и т.д.).

Система реализована на языке программирования C++ кросс-платформенного инструментария Qt, что позволяет получать версии ПО для большинства ОС путём перекомпиляции исходного кода без его изменения. Представлена версия системы для работы под ОС Windows.

Система имеет дружелюбный интерфейс, который был достигнут с помощью специальных библиотек инструментария Qt. Реализация анализа случайных величин и случайных процессов позволяет просмотреть результаты в графическом виде в режиме реального времени. Результаты генерации также имеют удобную форму просмотра значений.

Генераторы системы позволяют имитировать наиболее часто используемые в инженерной практике распределения случайных величин, включая равномерное распределение, гауссовское (нормальное), гамма-распределение, Эрланга, треугольное, распределение Симпсона и другие, а также распределения, задаваемые таблично.

Реализованы такие методы генерации базовых случайных последовательностей как метод серединных квадратов, метод Д. Лемера (рекурсивный метод), метод Таусворта, сложный, линейный конгруэнтный метод, метод серединных произведений. Для анализа характеристик выборок случайных величин использованы стандартные статистические методы.

Для работы со случайными процессами был реализован генератор случайных процессов "по расписанию", с учетом интервалов стационарности и соответствующих интервальных распределений, а также специальные тесты для их анализа (например, тест Вилкоксона, тест серий), позволяющие проводить анализ стационарности последовательностей, вычислять необходимые характеристики.

Основные результаты работы: – шаблоны плагинов и базовые классы для поддержки их функциональности, работы с межпрограммными интерфейсами, генераторами случайных объектов (распределениями, преобразованиями случайных последовательностей), классы анализа случайных объектов; – программное обеспечение имитации и анализа характеристик случайных объектов, случайных процессов; – информационно-методическое обеспечение по применению системы. Работа с системой отличается простотой и высокой степенью визуализации получаемых результатов.

Система путем введения и поддержки типовых режимов функционирования, связанных с обучением, контролем знаний обучаемых, использованием в качестве инженерного инструментария и т.д., может быть трансформирована в автоматизированную обучающую систему.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Советов, Б.Я. Моделирование систем / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – Изд. 4-е. – М.: Высш. школа, 2005. – 343 с.
2. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие для вузов. – Изд. 7-е, стер. – М.: Высш. шк., 2000. – 479 с.
3. Дж. Бендат Измерение и анализ случайных процессов / Дж. Бендат, А. Пирсол. – М.: Мир, 1971.

## НЕЙРОСЕТЕВОЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ХАОТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Нейросетевые методы анализа хаотических сигналов находят все большее применение в различных областях благодаря ряду преимуществ по сравнению с традиционными методами: возможностью исследования систем, математическая модель которых неизвестна (неизвестны математические соотношения, характеризующие поведение динамической системы); использованием для исследований выборки данных ограниченного объема [1].

Хаос в динамике означает чувствительность динамической эволюции к изменениям начальных условий. Старший показатель Ляпунова характеризует степень экспоненциально-го 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.

Целью работы является изучение и реализация нейросетевого подхода к анализу хаотических сигналов, базирующегося на расчете старшего показателя Ляпунова  $L$  (положительное значение  $L$  является важнейшим индикатором хаотичности процесса [1]).

### Нейропостановка и решение задачи исследования

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 [2, 3]. В одной из работ, посвященных проблемам нейросетевых технологий, отмечено принципиальное различие подходов к решению задач при использовании стандартных алгоритмических методов и НС [4]. В первом случае разработка систем включает сложные этапы исследования специфики предметной области, создания алгоритмов, моделирования, проверки релевантности моделей и многочисленных опыты по методу проб и ошибок. Использование НС позволяет автоматизировать все эти процессы, обеспечивая при этом высокое качество решения задач. Широкие возможности НС по интеллектуальной обработке информации обусловлены наличием в ее архитектуре множества связанных нелинейных элементов, позволяющих организовывать высокоадаптивные нелинейные фильтры с требуемой точностью.

В общем случае задача нейросетевой обработки сводится к следующей постановке. Необходимо построить отображение  $FNN$  такое, чтобы на каждый возможный входной сигнал  $X$  формировался правильный выходной сигнал  $Y$ . Отображение задается конечным набором пар (<вход>, <известный выход>), называемых обучающими эталонами. Совокупность всех обучающих эталонов составляет обучающее множество НС. Процесс организации нейросетевой модели состоит из двух этапов. На первом этапе выбирается архитектура НС, способная адекватно описать исследуемый процесс. Второй этап заключается в адаптации параметров НС выбранной архитектуры с целью получения корректного отображения входного обучающего множества  $X$  в выходное  $Y$ . Адаптация модели заключается в проведении обучения на основе сформированного обучающего множества.

В результате этой процедуры формируется требуемая функция обработки (если исходить из предположения о наличии зависимостей в исследуемом множестве данных).

В результате экспериментов установлено, что наиболее приемлемой для цели данного исследования является модель гетерогенной многослойной НС с нейронами сигмоидального типа в скрытом слое и линейными нейронами выходного слоя сети [2, 4], схема которой приведена на рисунке 1.

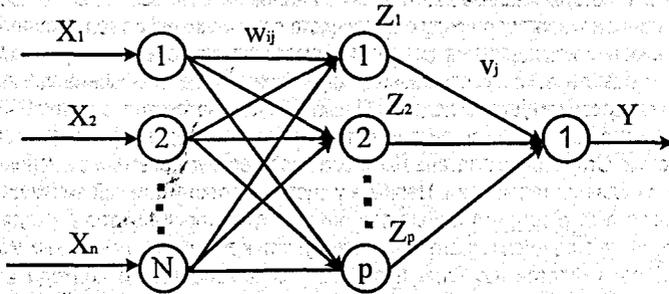


Рисунок 1 – Многослойный перцептрон

Для обучения НС применяется алгоритм обратного распространения ошибки (и его более быстродействующие модификации), использующий метод градиентного спуска для минимизации функции среднеквадратичной погрешности [4, 5]. Благодаря высокой точности, алгоритм позволяет достигать малой погрешности обучения, что является крайне важным фактором для решения большинства практических задач в нейросетевом базисе.

Пусть для обучения сформировано обучающее множество, состоящее из пар векторов  $T = \{X_p, D_p\}, p = 1, \dots, P$  размерностью, соответствующей количеству входов и выходов сети. Тогда задача процедуры обучения заключается в адаптации параметров сети (синаптических связей нейронов) таким образом, чтобы на любой входной вектор  $X_p$  обучающей выборки было сформировано корректное отображение  $Y_p$ , отличающееся от желаемого  $D_p$  с минимальной ошибкой [4].

В общем виде разработанный алгоритм состоит из следующих этапов:

- 1) нормализация исходного временного ряда, состоящего из  $N$  точек, выбранных с учетом задержки  $\tau$ ;
- 2) обучение нейронной сети прогнозированию по методу скользящего окна;
- 3) расчет старшего показателя Ляпунова на базе сформированной нейросетевой прогнозной модели по методу отклонений траекторий прогнозов.

В данной реализации алгоритма достигнутая точность значений  $L$ , полученная для хаотических процессов Энона и Лоренца, демонстрирует перспективность подхода в практических задачах различного рода (в частности, в весьма актуальных задачах анализа биомедицинской информации).

### Заключение

Исследуемый в работе подход к анализу хаотических сигналов дает возможность адаптивно, в процессе обучения, формировать отображения для динамических систем с неизвестной математической моделью и, таким образом, является перспективным в задачах анализа и прогнозирования временных процессов в различных практических областях (медицина, финансовые рынки, метеорология, техника и др.).

Вместе с тем нейросетевые модели обладают: повышенной временной сложностью процесса обучения; высокой зависимостью результата от начальной инициализации весовых коэффициентов нейронов; высокими требованиями к репрезентативности обучающего множества. Все это обуславливает необходимость наличия определенных навыков в использовании ИС при решении практических задач подобного класса [5].

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Golovko V. Neural Networks for Signal Processing in Measurement Analysis and Industrial Applications: the Case of Chaotic Signal Processing / V. Golovko, Y. Savitsky, N. Maniakov // Chapter of NATO book "Neural networks for instrumentation, measurement and related industrial applications". – Amsterdam: IOS Press, 2003. – P. 119–143.
2. Hertz, J. Introduction to the Theory of Neural Computation / J. Hertz, A. Krogh, R. Palmer // Addison Wesley Publishing Company. – 1991. – 327 p.
3. Kroese, B. An Introduction to Neural Networks. – Amsterdam: University of Amsterdam. – 1996. – 120 p.
4. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 334 с.
5. Golovko V. Technique of Learning Rate Estimation for Efficient Training of MLP / V. Golovko, Yu. Savitsky, Th. Laopoulos, A. Sachenko, L. Grandinetti // Proc. of Int. Joint Conf. on Neural Networks IJCNN'2000, Como, Italy. – Vol. 1. – 2000. – P. 323–329.

УДК 693.22.004.18

**Дубина С.С., Чернецкий А.М., Анфилец С.В.**

**Научный руководитель: доцент Шуть В.Н.**

#### РОБОТЫ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ

Совсем недавно проблемы координации и управления транспортными потоками на улично-дорожных сетях (УДС) не были столь актуальными. В условиях не слишком высоких загрузок УДС функционировали достаточно эффективно. В последние годы рост уровня автомобилизации и транспортной подвижности населения привел к насыщению городских улиц, что явилось причиной переоценки принципов управления транспортными потоками.

Статистические данные интенсивности движения на магистральных улицах США и Европы свидетельствуют о том, что именно на магистралях сосредотачиваются основные транспортные потоки, другими словами, выполняется принцип «концепции концентрации», что вызывает в последнее время существенный интерес к совершенствованию управления транспортными потоками на городских дорогах и магистральных улицах.

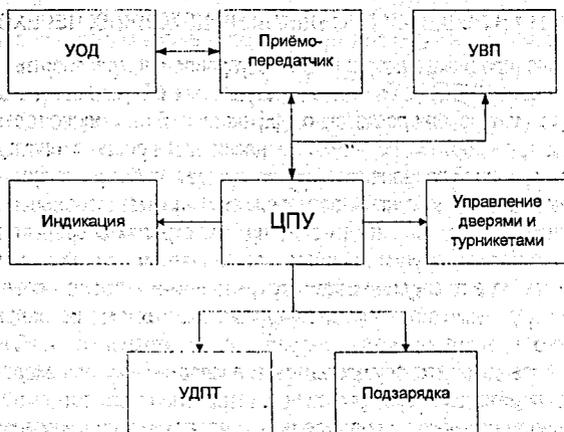
Целью данного проекта является разработка, изготовление и испытание робота-электромобиля, позволяющего осуществлять транспортировку пешеходов на регулируемых пешеходных переходах без прерывания автотранспортного потока по магистрали.

Необходимо решить следующие проблемы в аппаратном и программном обеспечении:

- Электродвигатели, необходимые для перемещения электромобиля;
- электроника (зарядное устройство, батарея аккумуляторов и пр.);
- датчики и видеокамеры;
- контроллер периферийных устройств;
- высокопроизводительный микрокомпьютер, необходимый для автономной работы электромобиля;
- операционная система и средства программирования.

**Алгоритм:**

- с УОД (устройство определения движения – «Думка») приходит по радиоканалу сигнал о разрешении движения на приёмо-передатчик;
- с приёмо-передатчика данный сигнал поступает на ЦПУ (центральный процессор);
- по приходу данного сигнала начинается работа с УВП (управление видеопотоком), то есть работа с камерами видеонаблюдения, а именно: с помощью данных камер видеонаблюдения, установленных в зоне стоянок электромобиля, проверяется наличие или отсутствие посторонних предметов и людей. Если нет никаких предметов и людей, препятствующих движению, то ЦПУ переходит к пункту 4, иначе будет выдан соответствующий звуковой сигнал, и автобус не начнет движение до тех пор, пока не будет устранено препятствие;
- после того, как ЦПУ убедится в том, что движению никто и ничто не препятствует, он формирует прерывание на индикацию (обратный отсчет времени до закрытия дверей, сообщения пассажирам о начале движения и о том, что будут закрыты двери, а также индикация сопровождается горением светодиодов в соответствии с ситуацией);
- после того, как отработала индикация, ЦПУ переходит на прерывание по закрытию турникетов и дверей;
- после закрытия турникетов и дверей начинает свою работу прерывание УДПТ (управление двигателем постоянного тока). Во время движения ЦПУ анализирует работу двигателей, определяя тем самым место положения электромобиля на дороге, а также своевременное постепенное снижение скорости до полной остановки электромобиля;
- после остановки на ЦПУ выполняется прерывание индикации и управления дверями и турникетами (для их открытия).



**Рисунок 1** – Схема алгоритма

**Примечание 1:** зарядка электрической батареи происходит на каждой из стоянок по тому же принципу, что и у троллейбусов.

**Примечание 2:** для определения момента постепенного снижения скорости (для комфортной езды пассажиров) и для определения момента постепенного увеличения скорости (для уменьшения затрат времени на переезд на другую сторону дороги) будет использоваться 5 пар ИК передатчиков, связанных с одним передающим устройством, ко-

торое будет передавать факт пересечения конкретной пары ИК датчиков. Принцип переключения скоростей таков: пары ИК-передатчиков пронумерованы (1, 2, 3, 4, 5), если электромобиль пересекает ИК-передатчики в порядке 1-2-3-4-5, то будет увеличиваться скорость передвижения от первой к пятой. Если же ИК-передатчики будут пересечены в обратном порядке, то соответственно будет снижаться и скорость передвижения электромобилиа от пятой к первой и до полной остановки.

*Примечание 3:* во время движения электромобилиа через проезжую часть будут также работать видеокамеры (расположенные по бокам электромобилиа), а также предполагается использовать ультразвуковые дальномеры для предотвращения аварийных ситуаций.

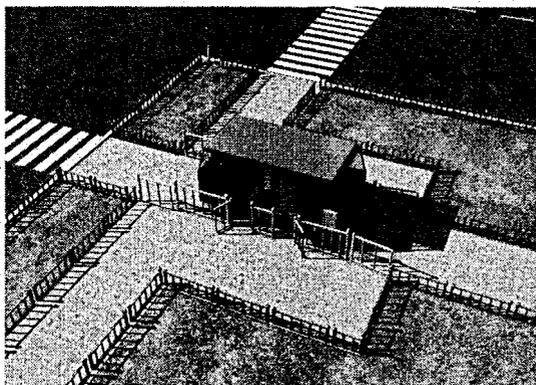


Рисунок 2 – Внешний вид электромобилиа

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Anfilets S. Evaluating The Effectiveness Of The Adaptive Control System In Brest Region / S. Anfilets, V. Shut // International Congress Of Heavy Vehicles, Road Trains And Urban Transport. – Минск, 2010. – С. 222–226.
2. Рожанский, Д.В. Методы оценки эффективности координированного регулирования транспортно-пешеходных потоков / Д.В. Рожанский, Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, Д.В. Навой, Д.В. Мозалевский, А.В. Коржова, А.С. Полховская, Е.Н. Костюкович // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов. – Минск, 2010. – С. 159–165.

УДК 004.8.032.26

*Кедринский П.Б., Войцехович О.Ю.*

*Научный руководитель: доцент Шуть В.Н.*

#### РАСЧЁТ ПЛАНА КООРДИНАЦИИ МАГИСТРАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕТЕРМИНИРОВАННОЙ МОДЕЛИ

##### Математическая модель объекта

Объектом исследования является городская магистраль длиной  $L$ , начинающаяся с Т-образного перекрестка и оканчивающаяся также Т-образным перекрестком. Это центральная улица города с наиболее интенсивным движением автотранспорта. Магистраль состоит из  $n+1$  перекрестка, где нулевой и  $n$ -ый перекрестки являются начальными

и конечными пунктами магистрали (рис. 1). Каждый перекресток оборудован светофорным объектом, работающим по 2-фазному циклу.

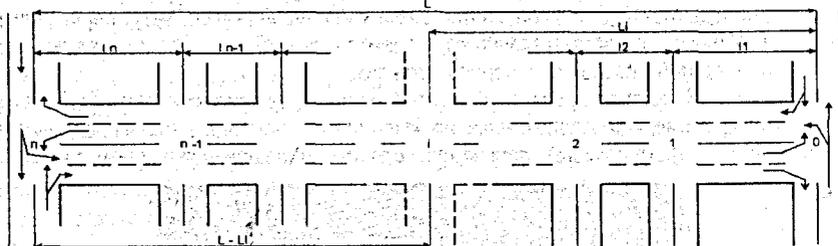


Рисунок 1 – Схема магистрали с  $n+1$  перекрестком

Введем некоторые ограничения на модель:

1. Автомобили движутся в равночисленных не размытых пачках (размер всё время одинаков), с равной скоростью.
2. Количество въезжающих и выезжающих пачек на входах и выходах магистрали равно.
3. Длительность светофорного цикла равна времени проезда переднего фронта пачки по самому короткому перегону магистрали.
4. Все светофорные объекты имеют одну длительность цикла.
5. Светофорные объекты на начале и конце магистрали являются базовыми и работают синфазно.
6. Все остальные светофоры имеют фазовый сдвиг относительно базисных светофоров, если это необходимо.
7. Длина пачек автомобилей, формируемых на входах магистрали, определяется как скорость автомобилей, помноженных на время зелёного сигнала на входных в магистраль светофорах.

#### Расчёт плана координации

Основной задачей координированного регулирования является обеспечение безостановочного движения транспортных средств вдоль магистрали.

Длительность светофорного цикла  $T_u$  определен выше. Осталось определить сдвиг фаз, а также длительности фаз на каждом светофорном объекте.

Мы выбрали вариант топологии магистрали в котором нет отрезка, которому кратны все остальные звенья магистрали.

Проведём дискретизацию длины и времени цикла, поделив их на 10. Дискрет длины  $\Delta l = l_k / 10$ . Ему соответствует вторичный (временной) дискрет  $\Delta t = T_u / 10$ .

Вычислим величину «сдвиг фазы», которую необходимо установить на  $i$ -ом светофоре относительно базисных светофоров, чтобы пачка, беспрепятственно двигаясь справа налево (рис. 2), также без остановки прошла бы и  $i$ -ый светофор? То есть расстояние  $L_i$  от светофора 0 до светофора  $i$  пачка должна пройти без остановки.

Выделим остаток от деления  $L_i$  на  $l_k$ :

$$L_i = p \cdot l_k + r_i, \quad (1)$$

где  $p$  – частное от деления на  $l_k$ , а  $r_i$  – остаток, расстояние меньше  $2l_k$ , т. е.  $0 < r_i < l_k$ .

Итак, остаток  $r_i$  показывает число дискретов времени  $\Delta t$ , на которое надо выполнить задержку включения зелёного сигнала на магистрали относительно начала включения на базовых светофорах в направлении движения справа налево.

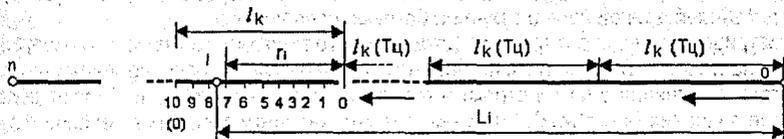


Рисунок 2 – Укладка справа налево отрезков  $l_k$  на магистраль и образование остатка  $r_i$

Аналогичная ситуация наблюдается и при встречном движении, то есть от СФО<sub>n</sub> и до СФО<sub>i</sub>:

$$L - L_i = m \cdot l_k + c_i \quad (2)$$

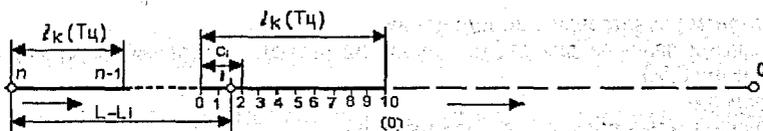


Рисунок 3 – Укладка слева направо отрезков  $l_k$  на магистраль и образование остатка  $c_i$

### Построение номограммы транспортных потерь (остатков)

Под транспортными потерями в данном случае понимается безвозвратная утрата части зелёной фазы  $t_3$  светофорного цикла  $T_{ц}$ .

Величину возможных потерь светофорного цикла в целом по магистрали возможно оценить с помощью матрицы – номограммы потерь (табл. 1). Матрица имеет размерность  $10 \times 10$  по числу возможных значений остатков  $c_i$  и  $r_i$ .

На пересечении выбранных остатках  $c_i$  и  $r_i$  для  $i$ -го СФО стоит величина  $Q_i$  полупродуктивной потери зелёной фазы светофорного цикла  $T_{ц}$ .

Таблица 1 – Матрица «номограмма остатков»

		Движение справа налево									
		0	-1	-2	-3	-4	-5(+5)	-6(+4)	-7(+3)	-8(+2)	-9(+1)
Движение слева направо	0	0	1	2	3	4	5	4	3	2	1
	-1	1	0	1	2	3	4	5	4	3	2
	-2	2	1	0	1	2	3	4	5	4	3
	-3	3	2	1	0	1	2	3	4	5	4
	-4	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5
	-5(+5)	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4
	-6(+4)	4	5	4	3	2	1	0	1	2	3
	-7(+3)	3	4	5	4	3	2	1	0	1	2
	-8(+2)	2	3	4	5	4	3	2	1	0	1
	-9(+1)	1	2	3	4	5	4	3	2	1	0

$$Q_i = \begin{cases} |c_i - r_i| \text{ при } |c_i - r_i| \leq 5 \\ 10 - |c_i - r_i| \text{ при } |c_i - r_i| \geq 5 \end{cases} \quad (3)$$

Оставшееся время  $T_{\text{ц}} - Q_i$  отводится для прохождения через перекресток (СФО) пачки автомобилей длиной  $lnач$ , а также на боковые направления.

В матрице величины  $c$  (строк) и  $r$  (столбцов) стоят со знаком минус, что означает задержку на  $c^* \Delta t$  ( $r^* \Delta t$ ) относительно базисных (входных СФО), расположенных на входах магистрали. Начиная с пятой строки и пятого столбца, величины  $c$  и  $r$  имеют дополнительные значения (в скобках). Это означает, что задержку включения зеленой фазы на указанную отрицательную величину можно заменить опережением на величину, указанную в скобках.

Процесс управления состоит в распределении времени светофорного цикла на  $i$ -ом СФО. СФО включает зеленую фазу на магистрали через время задержки включения зеленого сигнала относительно включения базовых СФО Начала или Конца магистрали

#### Алгоритм расчета плана координации

Входными данными для работы алгоритма являются расстояния перегонов между отдельными СФО.

#### Алгоритм

1. Выделяется минимальное звено магистрали.
2. Рассчитывается длительность светофорного цикла.
3. Для каждого СФО ( $i = 1, n - 1$ ) согласно уравнениям рассчитываются остатки  $r_i$  и  $c_i$ ,  $i = 1, n - 1$ .
4. По номограмме на пересечении строки и столбца со значениями  $c_i$  и  $r_i$  соответственно выбирается  $Q_i$  – минимальное необходимое значение времени горения зеленого сигнала по магистрали для СФО.
5. К минимально необходимому времени  $Q_i$  добавляется время  $lnач/v$  прохождения пачки автомобилей через СФО. В результате получается время горения зеленого сигнала по магистрали  $t_{3i}$ .
6. Оставшееся время в светофорном цикле  $T_{\text{ц}}$  отдается для бокового направления  $t_{3б}$ .

#### Заключение

Объект управления транспортным потоком в улично-дорожной сети города имеет две стороны: детерминированную и стохастическую. Под стохастической понимается диффузия пачек и неопределенность числа автомобилей, поступающих с боковых направлений. В работе был предложен метод расчета координированного плана без учёта стохастической составляющей. В дальнейших исследованиях на детерминированную модель будут наложены указанные стохастические факторы, что сделает модель более точной.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Anfilets, S. Evaluating The Effectiveness Of The Adaptive Control System In Brest Region / S. Anfilets, V. Shut // International Congress Of Heavy Vehicles, Road Trains And Urban Transport. – Минск, 2010. – С. 222–226.
2. Рожанский, Д.В. Методы оценки эффективности координированного регулирования транспортно-пешеходных потоков / Д.В. Рожанский, Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, Д.В. Навой, Д.В. Мозалевский, А.В. Коржова, А.С. Полховская, Е.Н. Костюкович // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов. – Минск, 2010. – С. 159–165.
3. Врубель, Ю.А. Организация дорожного движения. – Минск, 1996. – Ч. 2. – С. 283–287.

4. Шуть, В.Н. Детерминированная модель координированного регулирования движения автотранспорта на магистрали с Т-образными перекрестками / Вестник БНТУ. – 2009. – № 4. – С.45–48.
5. Кухаренок, Г.М. Исследование механизма распада координированной пачки автотранспортных средств при движении на перегоне магистральной улицы / Г.М. Кухаренок, Д.В. Капский, Д.В. Навой, Д.В. Рожанский, В.Н. Шуть // Вестник БрГТУ. – 2010. – № 5: Физика, математика, информатика – С. 63–68.

УДК 004.514.62

**Коваленко В.Ю.**

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

### АРХИТЕКТУРА ПОРТАТИВНОГО ТЕРМИНАЛА ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПАВОДКА НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ GNU/LINUX

Защита территорий от наводнений является важнейшей социально-экономической и хозяйственной проблемой. Особенно остро, а в отдельные годы катастрофично для Белорусского полесья влияние паводков проявляется в пойме Припяи и ее притоков. Проведение дорогостоящих противопаводковых мероприятий сокращает фактический ущерб от наводнений, однако полностью исключить наводнения в Полесье невозможно. Первоочередная задача состоит в минимизации ущерба посредством своевременной адаптации хозяйственной деятельности к возможным экстремальным условиям.

Один из методов частичного решения указанной проблемы – создание единой информационно-вычислительной системы по наблюдению и прогнозированию наводнений, обрабатывающей и интегрирующей потоки данных ручных и автоматизированных измерений с гидропостов, а также мобильных измерительных точек, расположенных в пойме реки. Такая система будет выполнять расчет и визуализацию затопления территорий с учетом движения водных масс на основе данных от контрольных точек мониторинга и статистических сведений, а также нуждается в подсистеме терминального доступа, позволяющей использовать портативные электронные устройства и систему позиционирования GPS для отображения паводковой ситуации и ее прогноза применительно к точке нахождения оператора, либо для автоматизированного ввода результатов изменений с автоматическим определением их геолокации и включением точки измерения в банк данных сервера.



**Рисунок 1 – Применение системы для мониторинга паводка**

В качестве аппаратной платформы для разработки терминала выбран микроконтроллер Renesas SuperH. Его преимущества над другими типами процессоров и универсальность определяют его широкое применение как в промышленности, так и в системах общего назначения. Микроконтроллер также обладает большим количеством встроенной периферии (интерфейс LCD-дисплея, CAN-шина, шина USB2.0 host/device).

Универсальная операционная система GNU/Linux выбрана в качестве базового программного обеспечения. Преимущества использования встраиваемой версии этой системы для разработки устройств – открытость исходных кодов для изучения и модификации, большое количество готовых модулей, драйверов и просто программного обеспечения, что само по себе значительно ускоряет разработку и удешевляет ее в связи с отсутствием лицензионных выплат и наличием богатого выбора средств разработки, так же являющихся бесплатными. Для микроконтроллеров, не имеющих контроллера памяти, применяется работающий в едином адресном пространстве вариант GNU/Linux, известный как uCLinux.

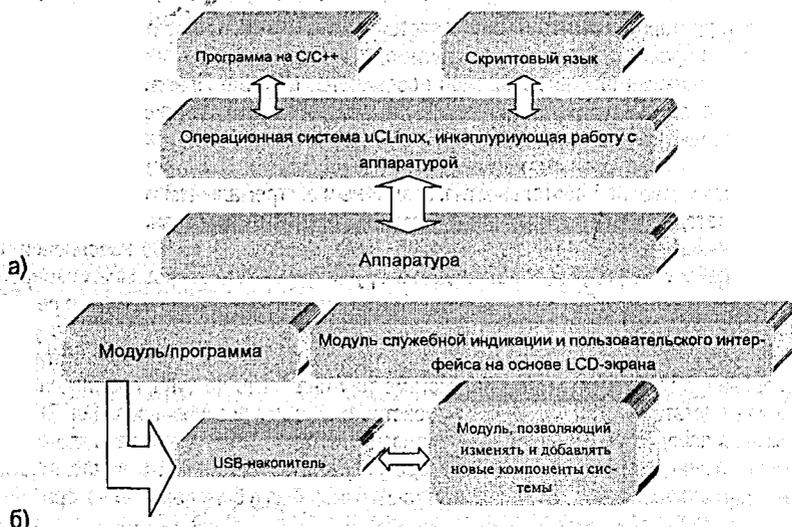


Рисунок 2 – Архитектура программной платформы (а) и модули системного уровня (б)

На рис. 2 представлена обобщенная архитектура терминала. Как видно, она включает версию ОС uCLinux, применяемую для обеспечения требуемого уровня абстракции от аппаратуры и запускающую в рамках общего процесса высокоуровневое программное обеспечение, являющееся связкой кода на C++ и системных сценариев на скриптовом языке программирования. Системный уровень программного обеспечения (рис. 2б) включает ряд модулей ядра, отвечающих за запуск программы-оболочки, конфигурирование системы посредством взаимодействия со стационарным компьютером через USB-накопитель, а также драйвер LCD-экрана.

Терминальное мобильное устройство на основе рассмотренной архитектуры сочетает энергоэффективность с необходимой производительностью вычислений, а также гибкостью и вариативностью высокоуровневой программной подсистемы.

## СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Volchek, A. Electronic system of flood monitoring and visualization / A. Volchek, A. Kozak, D. Kostiuik, D. Petrov // Hydrology: from research to water management. XXVI Nordic hydrological conference. – Riga, Latvia, August 9–11, 2010. – Riga: University of Latvia Press, 2010. – P. 66–68.

УДК 004.514.

*Кожановский Д.Н.*

*Научный руководитель: Хведчук В.И.*

### ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ ТЕСТИРУЮЩЕГО КОНТЕНТА

Одним из элементов электронных курсов для систем компьютерного тестирования являются графические изображения. Поэтому необходимо соответствующее внимание качеству их отображения.

На сегодняшний день развитие цифровых средств фильтрации происходит в направлении создания пакетов прикладных программ анализа качества изображения. Опыт фильтрации показывает, что точность восстановленного изображения в значительно большей степени определяется уровнем зашумленности, остающимся в изображении после предварительной обработки [1].

Качество изображения определяется большим количеством технических характеристик системы: соотношением сигнал/шум и статистическими характеристиками шума, градационными характеристиками, спектральными (цветовыми) характеристиками, интервалами дискретизации и т.д.

При выборе методов оценки изображений всегда остро стоит вопрос: какой из критериев следует применять. Этот вопрос до сих пор окончательно не решён. Все существующие методы оценки качества изображений не дают точного ответа на вопрос: качество какого изображения лучше.

Прежде чем приступать к практической стороне обработки изображений, необходимо обратить внимание на несколько вопросов [2]: каким критериям должны соответствовать изображения; что можно считать качественным материалом, что некачественным; какие особенности цветового восприятия влияют на оценку изображения; типичные и грубые «косяки» при съёмке и т.д.

Таким образом, оценивая оригинал, мы должны проверить несколько параметров: динамический диапазон изображения (разницу в плотностях между черной и белой точкой в изображении); градационное содержание (наличие значимых деталей в светах, полутонах и тенях изображения); наличие различных артефактов (зернистость, «шумы» матрицы цифровой камеры, дефекты от сжатия, резкость деталей); соответствие размера исходного изображения размеру репродуцирования; геометрические пропорции изображения — наличие и величину перспективных искажений.

Рассмотрим несколько критериев оценки качества изображений [3].

Одним из параметров, которые определяют качество изображений, является контраст. Поскольку изображение имеет сложный сюжетный характер, то это порождает необходимость при определении его контрастности выходить из контраста отдельных комбинаций элементов изображения. При этом все элементы считаются равнозначными, и контраст каждой их пары вычисляется по формуле:

$$C_{ij} = \frac{L_i - L_j}{L_i + L_j}, \quad (1)$$

где  $L_i$ ,  $L_j$  – яркости элементов сюжетного изображения.

Известен следующий эмпирический подход к оценке визуального качества изображения. Для формирования этой оценки рассматриваются такие параметры изображения, как среднеарифметическое значение  $\bar{L}$  яркостей, полнота использования градаций яркостей, резкость изображения и его обобщенный контраст.

$$LQ = 1 - \frac{\bar{L} - LMAX/2}{LMAX/2} \quad (2)$$

Вторым важным параметром оценки визуального качества изображения является полнота использования его элементами градаций яркостей. Аналитическое выражение этого параметра такое:

$$KQ = \frac{S}{LMAX} \quad (3)$$

где  $S$  – количество уровней яркостей, для каждого из которых на данном изображении присутствуют больше чем  $b \cdot N \cdot M$  количество элементов с данной яркостью ( $N$  и  $M$  – размеры изображения,  $b$  – некоторая константа).

Третьим параметром оценки визуального качества изображения в данном методе является его резкость, которая измеряется скоростью нарастания яркости, разделенной на общую величину перепада:

$$RO = \frac{\int_a^b \left(\frac{df}{dx}\right)^2 dx}{f(a) - f(b)} \quad (4)$$

где  $f(x)$  – это видеосигнал;  $a$  и  $b$  – точки, которые расположены на противоположных краях перепада. Поэтому оценку резкости находят следующим образом:

$$RQ = \frac{RO}{LMAX} \quad (5)$$

Четвертый параметр КС дает оценку контраста изображения. Когда оценивается визуальное качество изображения независимо от его сюжетного наполнения, тогда за КС принимают обобщенный контраст изображения  $C_{gen}$ .

В целом выражение для количественной оценки  $Q_s$  визуального качества полутонных монохромных изображений записывают так:

$$Q = k \cdot KC \cdot LQ \cdot KQ \cdot RQ \quad (6)$$

где  $k$  – нормирующий коэффициент.

Рассмотрим еще один метод определения комплексной оценки качества изображения  $Q_p$ . Его особенность состоит в том, что все частичные оценки комплексного критерия качества будут рассматриваться с точки зрения единой вероятностной модели изображения и определяться на основе моментов гистограммы.

Данный метод целесообразно применять для оценки визуального качества незашумленных изображений. Большинство известных подходов использует лишь один параметр качества изображения. Преимущество этого метода состоит в том, что в нем используется интегральный критерий вычисления визуального качества. Он объединяет самые важные показатели качества, определение которых исходит из единой вероятностной модели изображения. Чем большее количество параметров качества изображения будет учтено, тем точнее будет оценка.

Для тестирования метода используется одно и то же изображение, обрабатываемое методом усиления локальных контрастов и методом низкочастотной фильтрации. Полученная серия изображений – ухудшенное, входное и улучшенное – имеет соответственно самые низкие, средние и самые высокие количественные оценки качества:

Из рисунка 1 видно, что для серий изображений минимальную оценку качества имеют изображения, которые были размыты (первая колонка), а максимальную – обработанные методом улучшения (третья колонка). Полученная количественная оценка хорошо коррелирует с визуальным восприятием.

Описанный подход реализуется в рамках диалоговой системы тестирования знаний.



1 –  $Q_p = 0,0097$ ,  $Q_s = 1,9489$ ; 2 –  $Q_p = 0,0124$ ,  $Q_s = 1,9772$ ; 3 –  $Q_p = 0,0142$ ,  
 $Q_s = 2,0118$

Рисунок 1 – Иллюстрация применения метода количественной оценки качества изображений

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Оценка визуального качества цифровых изображений – Режим доступа: [http://www.nsu.ru/matlab/MatLab\\_RU/imageprocess/book2/2.asp.htm](http://www.nsu.ru/matlab/MatLab_RU/imageprocess/book2/2.asp.htm) 06.05.11
2. Критерии оценки качества изображений – Режим доступа: <http://photoshop-master.me/imageswork/common/digitalimages/76-whatquality>. 01.05.11
3. Оценка качества изображения – Режим доступа: <http://www.ste1.ru/28-ocenka-kachestva-izobrazheniya.html> 07.05.11

УДК 004.514.

*Кожановский Д.Н.*

*Научный руководитель: Хведчук В.И.*

#### РЕАЛИЗАЦИЯ МАСШТАБИРОВАНИЯ ДЛЯ ТЕСТИРУЮЩЕГО КОНТЕНТА

В процессе разработки тестирующего контента возникает необходимость отображения рисунков из различных источников в едином стиле. Так, например, необходимо извлечь из документа (Word) изображение и автоматически сохранить его как отдельную, самостоятельную картинку. После чего выполняется масштабирование и сохранение его уже в нужном разрешении. Для выполнения данных операций и выполняется разработка соответствующего приложения.

Масштабирование — изменение размера изображения с сохранением пропорций. Под масштабированием подразумевается как увеличение, так и уменьшение размеров изображения. В настоящее время масштабирование выполняется с помощью компьютер-

ной техники. При этом, в зависимости от типа графики (растровая, векторная), масштабирование производится по разным алгоритмам. Если графика векторная, то масштабирование происходит без потерь качества изображения, если растровая, то при масштабировании происходит потеря качества изображения.

Интерполяция изображений происходит во всех цифровых фотографиях на определённом этапе, будь то дематризация или масштабирование [1]. Она происходит всякий раз, когда вы изменяете размер или развёртку изображения из одной сетки пикселей в другую. Изменение размера изображения необходимо, когда вам нужно увеличить или уменьшить число пикселей, тогда как изменение положения может происходить в самых различных случаях: исправление искажений объектива, смена перспективы или поворот изображения.

Интерполяция изображений работает в двух измерениях и пытается достичь наилучшего приближения в цвете и яркости пикселя, основываясь на значениях окружающих пикселей. Следующий пример (рис. 1) иллюстрирует работу масштабирования:

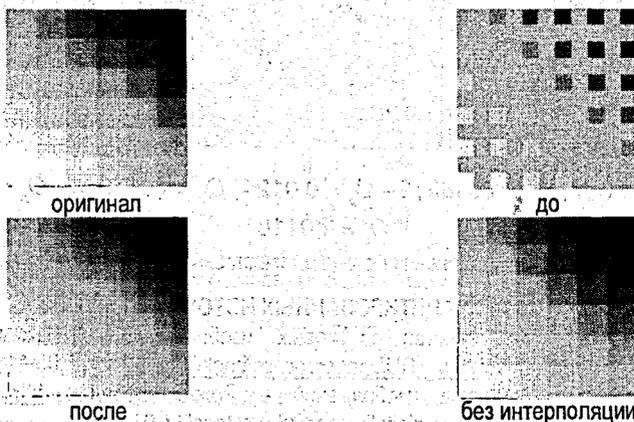


Рисунок 1

Общепринятые алгоритмы интерполяции можно поделить на две категории: адаптивные и неадаптивные [2, 3]. Адаптивные методы изменяются в зависимости от предмета интерполяции (резкие границы, гладкая текстура), тогда как неадаптивные методы обрабатывают все пиксели одинаково.

Неадаптивные алгоритмы включают: метод ближайшего соседа, билинейный, бикубический, сплайны, функция кардинального синуса (sinc), метод Ланцоша и другие. В зависимости от сложности, они используют от 0 до 256 (или более) смежных пикселей для интерполяции. Чем больше смежных пикселей они включают, тем более точными могут оказаться, но это достигается за счёт значительного прироста времени обработки. Эти алгоритмы могут использоваться как для развёртки, так и для масштабирования изображения.

В результате сформированы следующие исходные данные к проекту:

1. Возможность масштабирования изображений.
2. Режимы отладки отображения.
3. Исходное представление рисунка – растровое, Word.
4. Результирующее представление рисунка – растровое, ХХУ.

Формализация:

На входе:

1. Исходное растровое изображение в документе Word.
2. Путь к файлу, в котором будет автоматически сохранено изображение.
3. Путь к файлу, содержащему сохраненное изображение.
4. Путь к файлу, в котором будет получена уменьшенная/увеличенная копия.

На выходе нужно, чтобы по пути в п. 4 – мы получили бы искомое изображение, размеры которого совпадают с пропорциями нужного нам изображения.

Алгоритм работы приложения:

1. Получаем размеры исходной картинки.
2. На их основе рассчитываем коэффициент пропорции по отношению к увеличенной/уменьшенной копии.
3. На основе рассчитанного коэффициента – получаем новые размеры.
4. Увеличиваем/уменьшаем исходное изображение до указанных размеров.
5. Сохраняем новое изображение.

Разработка данного приложения выполняется в рамках диалоговой системы тестирования знаний.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Интерполяция цифрового изображения. – Режим доступа: <http://www.cambridgeincolour.com/ru/tutorials/image-interpolation.htm> 20.04.11.
2. Увеличение цифровых фотографий – Режим доступа: <http://www.cambridgeincolour.com/ru/tutorials/digital-photo-enlargement.htm> 23.04.11.
3. Изменение размера изображения – Режим доступа: <http://www.cambridgeincolour.com/ru/tutorials/image-resize-for-web.htm> 26.04.11.

УДК 681.3

*Кочурко В.А., Согоян А.Л.*

*Научный руководитель: проф. Муравьев Г.Л.*

### КЛАССЫ, АЛГОРИТМЫ ГЕНЕРАЦИИ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ СТОХАСТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

В инженерной практике используется множество систем моделирования, ориентированных на реализацию конкретного метода, подхода к проведению моделирования либо ориентированных на конкретную предметную область. Здесь рассматривается задача выявления требований и обеспечения функциональности системы, обеспечивающей получение имитационных моделей систем, представленных в терминах, широко используемых в технических и иных приложениях стохастических сетевых моделей (ССМ) и сетей массового обслуживания (сети МО) [1, 2].

Такая система моделирования (СМ) позволит создавать модели на интерфейсном уровне, не углубляясь в уровень реализации. Система моделирования предполагает наличие: – входного языка; – подсистем аналитики, генерации, подсистемы имитатора; – библиотек GPSS-моделей [3].

Системы, представленные в виде стохастических сетей, отдельных систем массового обслуживания, отличаются выраженным структурным аспектом, упрощенной функциональной организацией. Соответственно для их описания требуется ограниченный набор графических примитивов, который и может составить основу входного языка [1]. Такой язык обеспечивает визуальность моделей и позволяет пользователю работать с ними в привычных терминах предметной области.

За прототип визуальных описаний взят язык имитационного моделирования стохастических сетей ИМСС [4]. Язык модифицирован и расширен с учетом потребностей пользователей в описании систем, процессов, объектов, представляемых стохастическими сетями, а также с учетом требуемой функциональности, с учетом инструментальных возможностей системы моделирования GPSS. Учтены требования по процессному (многоуровневому) описанию моделей. Учитывалась необходимость результативности визуальных описаний, достигаемой путем их автоматической трансформации в адекватные исполнимые модели, требования удобства компьютерной поддержки визуальных описаний, типовых операций их редактирования.

Соответственно графическая схема модели представляется набором типизированных взаимосвязанных узлов (центров), потоками обслуживаемых заявок, описаниями процессов обслуживания потоков заявок. Каждый слой описания отображает маршрут обслуживания одного потока заявок в терминах типизированных узлов. Это узлы управления потоками заявок и копиями (семействами) заявок, узлы обслуживания, узлы управления сбором статистики и др. Узлы управления используются как для безусловного, так и условного выбора маршрута перемещения заявок, в том числе в зависимости от состояния сети, других узлов (обслуживающих, переключателей), состояний заявок. Узлы задаются параметрами и снабжаются атрибутами, отображающими их текущее состояние и используемыми для управления. Заявки снабжаются параметрами, их значения задаются и интерпретируются пользователем.

Результативные имитационные модели получают по их внутренним представлениям, подготовленным модулями поддержки интерфейса, путем компьютерной генерации кодов на языке GPSS системы моделирования GPSS World [3]. Подсистема генерации обеспечивает получение кода, настроенного на заданные пользователем параметры системы, входных процессов, параметры режима моделирования, включая требования к составу, полноте и точности моделируемых характеристик. В основу работы подсистемы генерации заложен принцип распараллеливания потоков заявок моделируемого объекта.

Представление модельных описаний в разрезе взаимодействия типизированных объектов – узлов создает предпосылки для их реализации в объектно-ориентированных технологиях. Что в свою очередь предполагает разработку иерархии классов, реализуемой в значительной мере механизмами наследования и поддерживающей функциональность набора графических примитивов входного языка и соответствующего набора типизированных узлов.

Соответственно для сетей массового обслуживания разработаны классы графического описания элементов сети, классы связи элементов, общий класс описания контекстов; для подсистемы генератора разработаны классы, обеспечивающие обработку блоков выходного текста по каждому типу элементов сети, а также общий класс, согласующий операции со всеми данными.

Таким образом, в работе рассмотрены подходы к организации оболочки системы моделирования на базе стандартных средств имитационного моделирования, согласованной с особенностями спецификации и моделирования объектов, отображаемых в терминах стохастических сетей массового обслуживания. Определены требования к структуре обеспечения (программного, лингвистического, информационного), состав подсистем, определено их взаимодействие в ходе моделирования. Приведены описания классов, обеспечивающих функциональность системы, алгоритмы генерации результативных моделей.

Приведены результаты макетирования и тестирования базовых составляющих системы. Макетирование проведено на базе языка C++ с использованием кроссплатформенного фреймворка QT для семейств ОС GNU/Linux и Windows. Для реализации визуального ввода использованы самостоятельные графические классы.

## СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Максимей, И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1988. – 270 с.
2. Кельтон, В. Имитационное моделирование. Классика CS / В. Кельтон, А. Лоу – СПб.: Питер, 2004. – 630 с.
3. Рыжиков, Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии / Ю.И. Рыжиков. – СПб.: КОРОНА, 2004. – 320 с.
4. Майоров, С.А. Основы теории вычислительных систем / С.А. Майоров, Г.И. Новиков, Т.И. Алиев. – М.: Высшая школа, 1978. – 320 с.

УДК 681.3

*Медведюк О.И., Сидорук О.В.*

*Научный руководитель: проф. Муравьев Г.Л.*

### ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ИМИТАТОРОВ СИСТЕМ СРЕДСТВАМИ PLUS

Сложности обучения имитационному моделированию на реальных системах делают актуальной задачу разработки специальной программной среды, обеспечивающей формирование и использование в качестве моделируемой системы ее программного имитатора [1]. При этом сам имитатор представляет собой имитационную модель-эталон, настраиваемую на определяемые обучающим параметры системы, ее структуру и процессы и имитирующую ее поведение.

В работе рассматриваются подходы к следующим задачам. Это обеспечение настраиваемости параметров входных потоков (окружения) эталона, что предусматривает использование произвольных распределений, трассового задания потоков, имитацию нестационарных потоков, в том числе, задание параметров потоков "по расписанию". Вторая задача – обеспечение наблюдаемости процессов модели-эталона, что включает поддержку и управление мониторингом происходящих в модели процессов, управление составом, полнотой, точностью мониторинга и расчета характеристик функционирования.

Из соображений эффективности, максимального использования доступных стандартных средств, функциональной полноты, обеспечения необходимой степени наблюдаемости, поддержки описаний стохастических сетевых моделей теории массового обслуживания, расширяемости возможностей системы в качестве средства реализации модели-эталона использовалась система GPSS World, а для описания кодов – соответствующие языки GPSS и PLUS [2].

Соответственно порядок работы с имитатором включает: задание типов входных процессов, законов распределений, выбор контрольных точек для сбора статистики, настройку имитатора, использование имитатора для получения статистики, мониторинг процессов, расчёт необходимых характеристик, проверка гипотез.

Здесь в качестве основных структурных частей системы выступают следующие:

- специализированная библиотека языка PLUS, состоящая из исходных текстов специально разработанных пользовательских функций, включая функции, непосредственно готовые к использованию в составе GPSS-программ, и функции, выполняющие роль шаблонов (функции, которые до использования в составе GPSS-программ предварительно настраиваются в зависимости от заданных исходных данных, параметров настройки);
- шаблон программы имитатора на языке GPSS, используемый в качестве основы для генерации программы-имитатора в соответствии с заданными параметрами модели-

руемой системы и параметрами окружающей среды. Программа-имитатор в дальнейшем используется пользователем для анализа характеристик системы и получения необходимой информации для создания пользовательской модели, ее параметризации, проведения тестирования модели и оценки ее адекватности;

- программное обеспечение настройки имитатора на заданные параметры системы, включая настройки PLUS-шаблонов, обеспечение соответствующей функционально-адекватной трансформации шаблона имитатора, обеспечение вставок вызовов PLUS-функций как для генерации входных процессов с заданными вероятностными свойствами (включая стационарные и нестационарные процессы), так и для обеспечения наблюдаемости системы, сбора данных о характеристиках функционирования системы;
- программное обеспечение расчёта характеристик системы, представляемой имитатором, обеспечивающее расчёт точечных характеристик, проверку гипотез стационарности, визуализацию полученных результатов, их анализ и тестирование.

Указанный подход рассматривался применительно к системам, описываемым в терминах стохастических сетей, сетей массового обслуживания [3].

В работе рассмотрены: – специализированная библиотека PLUS-функций для имитации входных процессов системы и управления мониторингом модели; – структура шаблона имитатора; – процедуры настройки имитатора на параметры системы и контрольные точки; – результаты макетирования, включая библиотеки, модулей имитатора, средства подсистемы настройки PLUS-функций и модели-эталона, обработки данных мониторинга на базе языка C++.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рыжиков, Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии / Ю.И. Рыжиков. – СПб.: КОРОНА, 2004. – 320 с.
2. Кельтон, В. Имитационное моделирование. Классика CS / В. Кельтон, А. Лоу. – СПб.: Питер, 2004. – 630 с.
3. Ивницкий, В.А. Теория сетей массового обслуживания / В.А. Ивницкий. – М.: Физико-математическая литература, 2004. – 772 с.

УДК 683.3

*Наврь И.И.*

*Научный руководитель: профессор Хвещук В.И.*

#### УЧЕТ ИТ-АКТИВОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

Интенсивное насыщение деятельности предприятий средствами вычислительной техники, программами и базами данных (ИТ-активы), а также их учет и управление является важной и актуальной производственной задачей для любого предприятия. Сложность решения данной задачи существенно возрастает с ростом количества ИТ-активов и интенсивности его использования. Кроме этого, на большинстве предприятий наблюдается дефицит квалифицированных кадров по их эксплуатации и сопровождению, а информационные системы таких предприятий представляют собой «слоеный пирог» разнотипных платформ и решений. Низкий уровень учета и контроля ИТ-ресурсов приводит к несанкционированным изменениям в ИТ-инфраструктуре и необоснованным затратам на ее поддержку, неэффективному использованию имеющихся ИТ-ресурсов и к другим проблемам.

В работе представлены основные результаты процесса исследования, формализации и решения задачи учета ИТ-активов предприятия путем разработки системы учета ИТ-активов предприятия (СУИТП), обеспечивающую ее автоматизацию.

#### **Постановка задачи на автоматизацию**

Основная сложность процесса решения данной задачи заключается в большой номенклатуре ИТ-активов и в распределенном характере процесса ее решения (участвуют многие сотрудники из разных подразделений). В процессе исследования задачи учета ИТ-активов в УП «Проектный институт «Брестипрозем» и в других предприятиях г. Бреста выполнено обследование объектов автоматизации (организационной структуры предприятия, организации и учета программ, оборудования, баз данных и т.д.), проанализированы подходы к решению данной задачи на разных предприятиях. Результатом обобщения результатов исследования данной задачи является ее формализация, основные положения которой следующие:

1. Определены и классифицированы ИТ-активы предприятий. Выделены следующие основные классы ИТ-активов – программы, базы данных, оборудование и документация. В рамках каждого класса предложены свои классификации.
2. Определен перечень операций для каждого класса ИТ-активов.
3. Определена инфраструктура и классифицированы участники процесса учета ИТ-активов. Для каждого класса участников определены допустимые операции над ИТ-активами.
4. Разработана модель размещения ИТ-активов, обеспечивающая идентификацию расположения ИТ-активов, например, для класса «оборудование» – по помещениям, зданиям и рабочим местам пользователей.

Постановка задачи на создание СУИТП сформулирована в виде технического задания на создание СУИТП, в котором определены: цель и назначение системы; требования к перечню функций системы; требования к среде функционирования и другие требования.

#### **Результаты проектирования СУИТП**

В состав спроектированной системы входит программное обеспечение (ПО) и база данных (БД). В качестве технического обеспечения системы предполагается использовать ПЭВМ, которые объединены локальной вычислительной сетью предприятия и имеются на рабочих местах пользователей.

Для разработки структуры системы использована клиент-серверная архитектура, которая наиболее полно соответствует организационной структуре предприятия и закреплению отдельных приложений системы за классами пользователей. Возможности системы ориентированы на следующие группы пользователей:

- руководителей предприятия и подразделений;
- сотрудников бухгалтерии и отдела кадров (ОК);
- сотрудников отдела по эксплуатации и сопровождению (ОЭС) ИТ-активов.

ПО СУИТП выполнено в виде совокупности подсистем (приложений), каждая из которых обеспечивает определенный перечень функций и санкционированный доступ к ним для определенной группы пользователей:

- приложение для директора предприятия – формирование различных интегральных отчетных данных (в том числе и стоимостных) по ИТ-активам предприятия и его подразделениям;

- приложение для сотрудников бухгалтерии – поступление, списание, переоценка и другие операции с основными средствами (оборудованием, программами, документацией);
- приложение для начальников отделов – закрепление (перемещение) ИТ-активов по рабочим местам сотрудников, формирование отчетных документов об ИТ-активах отдела, об использовании ИТ-активов отдельными сотрудниками отдела и другие;
- приложение для начальника ОЭС – формирование отчетных документов по ИТ-активам предприятия в целом, по отделам, по времени ввода в эксплуатацию и другие, необходимые для планирования процессов эксплуатации и сопровождения, списания, закупок и т.д.;
- приложение для сотрудников ОЭС – закрепление (перемещение) программ, баз данных по рабочим местам пользователей ИТ-систем предприятия, ведение информации об эксплуатации оборудования, программ и другие;
- приложение для сотрудников отдела кадров – прием/увольнение сотрудников, закрепление/перемещение сотрудников по рабочим местам и другие;
- приложение администратора системы – организация санкционированного доступа пользователей к системе, администрирование БД и другие.

Для взаимодействия пользователей с приложениями спроектированы диалоговые интерфейсы, ориентированные на соответствующие группы пользователей.

Для хранения данных об ИТ-активах, их состоянии и использовании, а также другой информации, необходимой для функционирования системы, спроектирована реляционная структура БД системы. Взаимодействие между пользовательскими приложениями и БД реализуется через серверное приложение системы. В состав БД входит совокупность взаимосвязанных таблиц. По назначению таблицы БД делятся на три основные группы:

1. Описания ИТ-активов (компоненты и характеристики программного обеспечения и процесса их эксплуатации и сопровождения; базы данных и их характеристики; состав, комплектация, характеристики средств вычислительной техники (оборудование) и процесса ее эксплуатации).
2. Описание документации на ИТ-активы и носителей информации.
3. Описание инфраструктуры предприятия (сотрудники, отделы, рабочие места, помещения).

### **Результаты реализации и перспективы использования СУИТП**

ПО и БД системы реализована на основе возможностей пакета 1С:Бухгалтерия версии 7.7. В настоящее время проводятся комплексные испытания возможностей системы. Для системы разрабатывается комплект эксплуатационной документации, ориентированный на разные группы пользователей. Предполагается внедрение созданной системы в производственную деятельность УП «Проектный институт «Брестгипрозем» и других предприятий.

Внедрение и использование СУИРТ позволит существенно повысить качество работы по учету ИТ-активов предприятия, а также поставить ее на более высокий уровень. Применение данной системы позволит создать основу для решения других задач, связанных с управлением ИТ-услугами и прогнозированием развития ИТ-активов предприятия. Возможности созданной системы позволяют прогнозировать применение данной разработки на многих предприятиях в различных отраслях народного хозяйства РБ.

## АЛГОРИТМЫ ПОСТРОЕНИЯ КАРКАСОВ СЕТЕВЫХ АРХИТЕКТУР ЗАДАННОЙ СЛОЖНОСТИ

Одна из задач обучения имитационному моделированию - обеспечить полный цикл работ, включая разработку модели и ее аттестацию. Важнейший этап - мониторинг системы для получения ее параметров и характеристик. Трудности обучения на реальных системах, потребность в формировании описаний параметров большого числа учебных систем, трудоемкость проверки их корректности и получения эталонных характеристик делает актуальной задачу автоматического формирования параметров систем заданной сложности и режима функционирования.

Типовая система состоит из узлов, обеспечивающих обслуживание и перемещение потоков запросов. Они поступают извне, образуя входные потоки. Система организует процессы обслуживания в соответствии со своим законом функционирования. Процессы в общем случае носят вероятностный характер. Система описывается набором параметров структуры и процессов [1], включая состав узлов  $B = \{ b, | i = \overline{1, N} \}$ ; матрицу связности  $D = [d_{ij}]$ , где  $d_{ij} = \{0; 1\}$  в зависимости от наличия связи  $i$ -го узла с  $j$ -м; канальности узлов  $K_i$ , быстродействия каналов  $V_j$ , и другие; матрицы  $P$  переходов запросов из узла  $i$  в узел  $j$ ; параметры законов поступления и обслуживания запросов в узлах сети.

Генерация СА сводится к "комбинаторному" получению каркасов сетей [2], снабжаемых далее всеми необходимыми параметрами [1]. Стратегия применения алгоритмов генерации СА базируется на дереве сложности архитектур, описывающем иерархию важности параметров сети по критерию достижения оптимальных результатов генерации.

Порядок получения спецификаций. Первоначально генерируются матрицы  $D$ , описывающие структуру сети и удовлетворяющие входным ограничениям. Для фиксированного числа узлов выполняется перебор возможных вариантов их расстановок, обеспечивающих однократный проход из источника в приёмник сети через каждый узел. Каждый вариант расстановки дает один вариант КС, который хранится в сжатом формате  $Dc$ , отображающем матрицу  $D$  с помощью одномерных структур. КС представляется последовательностью номеров всех однократно проходимых узлов сети  $x_i$ , что отображается размещением  $Dc = \{x_i\}_0^{N+1}$ . Для получения матричного представления КС, отображающего  $D$ , используются данные о связях узлов  $d_{ij}$ .

Соответственно в каждом элементе  $Dc$  запоминается номер смежного узла, а в структуре данных  $P_L$  формируется список последовательно расположенных узлов каркаса. Построение КС реализуется рекурсивным алгоритмом, где на каждом этапе рекурсивного вызова для узла каркаса  $u$  ищется номер смежного узла  $x$ . При этом проверяется корректность смежности узлов КС, которая нарушается, если узел  $x$  предшествует узлу  $u$ , если образуется петля или переход из текущей вершины в конец КС.

Каждый каркас проверяется на корректность, которая нарушается, если не выполняется условие соответствия КС, приведенное выше, что на соответствующем шаге генерации приводит к рекурсивному откату назад на предыдущий шаг формирования КС. Или если превышено максимальное количество прямых либо обратных связей

$(N + 1) \cdot N / 2$ . Проверка КС производится алгоритмом обхода графа (представленного матрицей  $D$ ), где  $k$  – номер шага,  $x$  – номер вершины,  $Nv$  – список посещённых вершин.

Каркасы оснащаются заданным числом прямых и обратных связей, что реализуется добавлением к сети вероятностных узлов. Для этого: описание КС переводится в матричный формат  $D$ ; в матрице  $D$  случайным образом выбирается номер строки  $i$  из диапазона  $(0, N-1)$ ; производится поиск узла  $i$  в ранее полученном списке вершин  $P_L$ . Номера вершин до найденной включительно дают конечные точки обратных связей, а после найденной – конечные точки прямых связей. На пересечении найденного столбца и строки ставится единица.

Полученная матрица  $D$  является прообразом  $P$  и может содержать в строке от одной и более единиц, что указывает на ветвление маршрутов. На ее основе генерируются значения элементов матрицы  $P$ . Так для переходов, помеченных в  $D$  нулем, в соответствующий элемент  $P$  записывается: нулевая вероятность; остальные значения формируются с учетом нормирующего условия  $1 = \sum_{j=0}^N p_{ij}$  (где  $i = \overline{1, N}$ ) случайным образом как

$$p_{ij} = \begin{cases} \text{rand}(0,1), & \text{если } s_{ij} = 1, \\ 0, & \text{если } s_{ij} = 0. \end{cases}$$

Аналитически определяются параметры узлов КС. В том числе: – по среднему значению времени  $m_i$  между запросами в потоке, взятому из заданного диапазона, определяется интенсивность поступления запросов  $\lambda_0 = 1 / m_i$ ; – построенная в соответствии со свойством линейности сети [1] система  $\lambda_i = \sum_{j=0}^N \lambda_j \cdot p_{ji}$  (где  $i = \overline{1, N}$ ) дает значения интенсивности потоков в узлах сети  $\{\lambda_i\}$ ; – интенсивности используются для определения быстродействий каналов, расчета времени обработки запросов в каналах  $t_j = \rho_j \kappa_j / \lambda_j = \rho_j \kappa_j / \lambda_0 \alpha_j$  устройств.

Значения остальных параметров КС генерируются случайным образом из заданных диапазонов или вариантов. Дополнительная проверка СА производится имитационным моделированием полученных описаний и оценкой их характеристик. По результатам генерируются отчёты, предназначенные для организации обучения – содержат описания СА с проверочной информацией, отчеты для обучаемых – с вариантами описаний СА.

Подход макетировался применительно к генерации параметров сетевых архитектур (СА) для систем, описываемых в терминах сетей массового обслуживания, были предусмотрены проектные решения по расширению данного подхода на стохастические сетевые модели, а также по визуализации сетевых архитектур. Система реализована на языке C++ с использованием библиотеки линейной алгебры uBLAS. Пользовательский интерфейс, генерация html-отчётов реализованы на языке C++ с использованием кросс-платформенного инструментария QT. Разработана иерархия классов, поддерживающая хранение результатов и генерацию спецификаций СА. Система поддерживается большинством ОС типа Windows, Linux, MacOS путём перекомпиляции без изменения исходных кодов, требует около 600 Кб памяти.

Таким образом, сформулированы требования к спецификациям сетевых архитектур, согласованные с задачами организации имитационного моделирования. Предложен подход к автоматизации их генерации с учетом требуемой сложности сетей. Рассмотрены алгоритмы получения каркасов сетей и определения их параметров. Приведены ре-

зультаты макетирования. Система обеспечивает генерацию спецификаций сетевых архитектур с сохранением результатов в XML базе данных и генерацию html-отчетов с описаниями СА, с тестовой информацией по данным из XML базы данных.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ивницкий, В.А. Теория сетей массового обслуживания / В.А. Ивницкий. – М.: Физико-математическая литература, 2004. – 772 с.
2. Андерсон, Д. Дискретная математика и комбинаторика / Д. Андерсон. – СПб.: Вильямс, 2004. – 960 с.

УДК 004.514.62

*Никонюк А.Н.*

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

### РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЯ РАСШИРЕНИЯ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО НЕЛИНЕЙНОГО МАСШТАБИРОВАНИЯ В ОКОННОМ МЕНЕДЖЕРЕ COMPIZ

Задача манипулирования окнами в ситуации, когда их совокупная площадь существенно превышает разрешение устройства вывода, возникла почти одновременно с графическим интерфейсом пользователя. Среди способов облегчить навигацию в таких условиях можно упомянуть прокрутку рабочего пространства, позволяющую видеть его по частям, и иконификацию – «сворачивание» окна в пиктограмму, снабженную поясняющей подписью. С ростом вычислительных возможностей процессоров и разрешающей способности экранов появились графические оболочки и приложения, отображавшие вместо пиктограммы скрытого окна его уменьшенное изображение. Хотя такой подход сопряжен с рядом технических трудностей, возможность видеть одновременно, хотя бы с уменьшенной детализацией, изображение всего рабочего пространства дает пользователю ощутимые преимущества [1, 2]. Особенно это актуально в среде динамически изменяющихся объектов, к которым относятся все многозадачные графические среды современных операционных систем.

В последнее время проблема недостатка рабочей области получила дополнительное развитие из-за роста популярности портативных устройств – нетбуков и планшетных компьютеров, способных в той или иной степени запускать приложения, интерфейс и модель взаимодействия с пользователем в которых изначально рассчитаны на стандартное разрешение и размер экрана. Подобные устройства оказываются не только не способны разместить на экране нужное количество окон, но зачастую не могут показать целиком одно стандартное окно.

Нами разработана модель нелинейного масштабирования окон и реализующий ее модуль расширения для оконного менеджера CompiZ, позволяющие сократить размер занимаемой площади окна произвольного приложения с сохранением читаемости и доступности его содержимого.

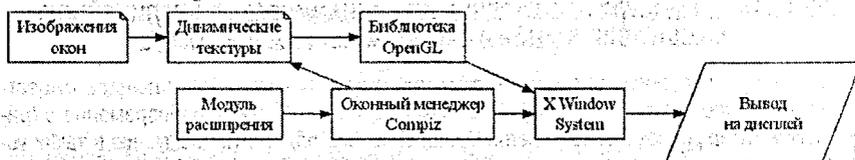
#### Концепция нелинейного масштабирования окон и ее реализация для аппаратно-ускоренного манипулирования окнами

Концепция переменного масштаба смоделирована нами в виде деления рабочей области окна на две зоны: центральную 1 и периферийную 2. В зоне 1 отображается основная информация окна, представленная в единичном масштабе. В зоне 2 выводится изображение, искаженное в соответствии с функцией  $\alpha(y)$ , монотонно возрастающей

вдоль координаты  $y$ , по которой выполняется изменение масштаба, и имеющей область значений, принадлежащую интервалу  $(0; 1]$ . Таким образом, рабочая область делится на две части, и позиции пикселей, находящиеся во второй части, пересчитываются с переменным коэффициентом масштабирования [1].

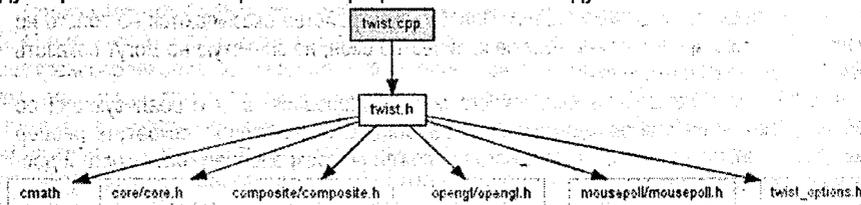
Выбор функции изменения масштаба имеет существенное значение. В частности, использование функции  $a(y) = y^{1/K}$  позволяет лучше видеть элементы, расположенные ближе к центральной области, и сильнее скрадывает находящиеся на большем удалении [2].

Все современные аппаратно-ускоренные менеджеры окон, (включая Comviz) используют возможности библиотеки OpenGL для передачи вычислительной нагрузки графическому акселератору. Одно из свойств OpenGL – объекты фреймбуфера – дает оконному менеджеру эффективный доступ к окнам неактивных приложений. Для приложения объекты фреймбуфера выглядят как обычные окна, а для оконного менеджера – как текстуры, которыми можно управлять с помощью обычных команд отрисовки мультитекстур (рис. 1).



**Рисунок 1** – Схема взаимодействия разработанного модуля с графической оболочкой и средствами поддержки аппаратно-ускоренной графики

Разработанный нами модуль *twist* отрисовывает измененные изображения окон на основе этой технологии. На рис. 2 приведена диаграмма зависимостей разработанного модуля к наборам функций оконного менеджера Comviz. Среди подключаемых модулей можно отметить модули сервисных функций ядра Comviz, подсистемы отрисовки сцены OpenGL, модуль композитных эффектов, а также модуль конфигурирования, обеспечивающий интеграцию пользовательских настроек разработанного модуля в общую систему настройки Comviz, и модуль опроса мыши (*mousepoll*). Использование последнего облегчает разработанному модулю задачу слежения за координатами указателя мыши. Модуль *mousepoll* берет на себя задачу контроля координат, централизованно считывая каждые несколько миллисекунд позицию указателя и тем самым избавляя систему от дублирования такой затратной операции несколькими модулями.



**Рисунок 2** – Использование стандартных модулей Comviz

Типичный модуль Comviz состоит из трех функциональных частей: кода инициализации, обработчиков событий и сервисных функций. Код инициализации вызывается при загрузке модуля в память. При этом системе передаются указатели на конструкторы и деструкторы, вызываемые при создании и удалении контекста экрана и каждого из соот-

ветствующих экрану окон. Доступ к контексту экрана позволяет перехватывать события и дает возможность вклинуться в цепочку процедур обновления изображения, включающую подготовительную стадию, собственно отрисовку экрана (или экранов, если их несколько) и завершение отрисовки (рис. 3).



Рисунок 3 – Стадии отрисовки виртуальных экранов

Подготовительная стадия используется для выполнения различных подготовительных расчетов, которые имеет смысл выполнять перед началом отрисовки. Любой метод отрисовки в первую очередь должен вызывать базовую реализацию, обновляющую изображение экрана, а затем выполняет с полученным изображением любые действия, доступные средствами OpenGL; при этом он имеет доступ к устройству вывода, физическим координатам и всем открытым окнам, для каждого из которых существует соответствующая текстура. Стадия завершения отрисовки при необходимости используется для принудительной генерации события перерисовки экрана, благодаря чему выполняется изображение анимационных эффектов в реальном масштабе времени.

### Алгоритм масштабирования окон

Разработанный нами модуль расширения активизируется при перетаскивании окна за пределы границы экрана (или за пределы рабочей области, если вдоль данной границы экрана расположена панель графической оболочки). Сжатие соответствующей части окна отображается в реальном масштабе времени в процессе дальнейшего перемещения, и т. о. пользователь имеет возможность регулировать коэффициент сжатия для достижения баланса между размерами и читаемостью содержимого окна.

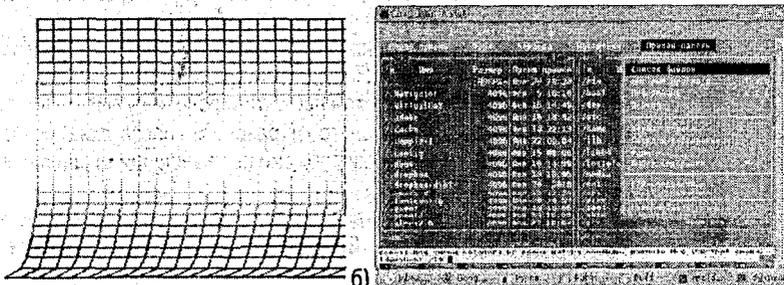


Рисунок 4 – Отображение окна с переменным масштабом: базовая трехмерная фигура (а) и наложенное окно в ортогональной проекции (б)

Для отображения нелинейного масштаба изображения применены два различных подхода.

В первом подходе, названном в настройках модуля «screw effect», текстура накладывается на базовую трехмерную фигуру, для которой выражение  $a(y) = y^{1/k}$  определяет изменение z-координаты. Для доступа к текстуре скрытой за экраном части окна модуль предварительно выполняет масштабирование с коэффициентом, близким к единице, после чего создает копию части текстуры, соответствующей сжимаемой части. Дублированное изображение выводится поверх видимого фрагмента окна. На рис. 4а условно показан фрагмент базовой фигуры, для наглядности включающий как неискаженную об-

ласть 1, так и искаженную область 2. На практике, однако, строится только фрагмент фигуры, отвечающий искаженной области. Для вывода базовой фигуры и соответствующего результирующего изображения средствами OpenGL может применяться как ортогональная проекция (рис. 4б), для которой характерна лучшая читаемость содержимого окна, так и перспективная проекция, которая обладает большей визуальной выразительностью и может использоваться для наглядной демонстрации эффекта.

Во втором подходе (активируемом выбором опции «compress effect» в диалоге настроек) вместо наложения на криволинейную поверхность выполняется добавление промежуточных опорных вершин к фигуре базового прямоугольника окна и смещение части вершин в плоскости экрана в соответствии с функцией изменения масштаба. Базовая фигура является двумерной, вследствие чего подход позволяет воспроизвести только аналог ортогональной проекции, показанной на рис. 4б; однако он является менее затратным в отношении потребляемых вычислительных ресурсов.

Изменение масштаба окна затрагивает только его изображение. Для самого окна при этом не происходит никаких изменений в размерах, иначе была бы нарушена обратная совместимость с существующими приложениями. Поэтому, с точки зрения системы, все элементы управления окна сохраняют свои прежние координаты, и для взаимодействия с этими элементами необходимо помещать указатель мыши в ту область экрана, где они находились бы, сохраняя окно единичный масштаб [3, 4]. Т.о. необходимо либо блокировать события указателя мыши, относящиеся к сжатой области, либо выполнять пересчет координат. На текущий момент реализован промежуточный вариант решения проблемы. В процессе слежения за положением указателя мыши регистрируется помещение его в сжатую область окна и последующая смена расположения зоны сжатия окна так, чтобы исключить контакт указателя со сжатой областью.

Для реализации представленного алгоритма сжатия окон [5] модуль twist содержит следующие функциональные части:

- конструктор класса TwistScreen, производного от базового класса экрана Compiz, устанавливает обработчики событий для слежения за перемещением указателя мыши, а также для перерисовки экрана, необходимым при активированном screw effect;
- конструктор класса TwistWindow, производного от базового класса окна, создающий необходимые текстуры, а также обработчики событий перемещения мыши в пределах окна и перерисовки окна;
- обработчик перерисовки экрана, который вклинивается в цепочку отрисовки на финальной стадии DonePaintScreen (см. рис. 2) и генерирует событие перерисовки для каждого из присутствующих на экране окон;
- обработчик перерисовки окна, выполняющий в случае активации модуля для выбранного окна смещение опорных вершин для compress effect либо копирование фрагмента текстуры данного окна, соответствующей сжатой области 2, создание криволинейной поверхности рис. 4а и наложение на нее копии текстуры для screw effect;
- обработчик перемещений указателя мыши, проверяющий координаты текущей позиции на принадлежность сжатой части активного окна и меняющий расположение сжатой области так, чтобы избежать контакта данной зоны с указателем мыши.

Разработанный модуль динамического нелинейного масштабирования окон позволяет добиться более экономного использования площади экрана портативных устройств без модификации существующего прикладного программного обеспечения. За счет использования аппаратно-ускоренной графики удается выполнять пересчет изображений окон в реальном масштабе времени без увеличения нагрузки на центральный процессор.

## СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Раскин, Дж. Интерфейс: новые направления в проектировании компьютерных систем. – СПб.: Символ-Плюс, 2003. – 272 с.
2. Гоманова, Е.В. Применение аналогии периферического зрения в аппаратно-ускоренном графическом интерфейсе пользователя / Е.В. Гоманова, Д.А. Костюк, К.Л. Костюк // Вестник БрГТУ. – 2007. – №5: Физика, математика, информатика. – С. 33–35.
3. Diomin, V.V. Grouped windows focus switching with variable scale factor / V.V. Diomin, D.A. Kostiuk // Computer Science & Engineering 2010 (CSE-2010): proc. of the IV International Academic Conference of Young Scientists. November 25-27 2010. – Lviv, Ukraine. – P. 32–33.
4. Костюк, Д.А. Модель мини-окон с динамическим отображением в аппаратно-ускоренном графическом интерфейсе / Д.А. Костюк, В.В. Дёмин // Вестник БрГТУ. – 2009. – №5: Физика, математика, информатика. – С. 71–74.
5. Никонюк, А.Н. Нелинейное масштабирование окон для экономии площади дисплея портативных устройств // Сучасні проблеми радіотехніки та телекомунікацій «РТ – 2011»: Матеріали 7-ї міжнар. молодіжної наук.-техн. конф., Севастополь 11–15 квітня 2011 р. – Севастополь: СевНТУ, 2011. – С. 362.

УДК 004.514.62

**Никонюк А.Н.**

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

### РЕАЛИЗАЦИЯ ФРЕЙМОВОГО МЕНЕДЖЕРА ОКОН С ФУНКЦИЯМИ НЕЛИНЕЙНОГО МАСШТАБИРОВАНИЯ

Фреймовый (или тайловый, от англ. tile – мозаика, черепица) оконный менеджер разбивает рабочее пространство экрана на взаимно непересекающиеся прямоугольные области — фреймы. Каждый фрейм используется для вывода информации отдельным приложением, в противоположность традиционным менеджерам окон, которые создают области вывода приложений по координатам и послыюно (окна), в рамках метафоры рабочего стола. Помимо полного использования всего видимого пространства, подход фреймовых оконных менеджеров позволяет минимизировать использование мыши за счет исключения необходимости перемещения окон и преимущественного использования клавиатурных комбинаций для переключения фокуса окна, уменьшая таким образом время, затрачиваемое на выполнение рутинных операций и повышая эффективность работы [1].

Хотя первый растровый графический интерфейс использовал именно метафору рабочего стола (в рамках языка Smalltalk, в Xerox PARC), тайлинг окон появился лишь немногим позже, в первой коммерческой системе Xerox Star (в сочетании с классическими плавающими окнами диалогов). В последующие 10 лет почти все популярные графические оболочки, включая Microsoft Windows и Digital Research GEM, проходили период экспериментов с тайлингом окон, однако разработчики раз за разом отказывались от него под давлением пользователей.

Хотя фреймовые оконные менеджеры не стали решением по умолчанию ни для одной популярной графической оболочки, многие приложения используют аналогичную метафору для отображения собственного функционала: почтовые программы, интегрированные среды разработки, боковые панели веб-браузеров, панель контекстной помощи в Microsoft Office. К варианту реализации тайлинга на языке разметки можно отнести HTML-фреймы. Разделение экрана на смежные части для одновременного отображения нескольких (обычно связанных) потоков видео или текстовой информации на одном дисплее широко применяется в программах трёхмерного моделирования (использование отдельных фреймов для одновременного просмотра и редактирования модели с двух сторон) в многопользовательских видеоиграх (для отображения игровых событий с

разных перспектив, или когда каждому игроку выделена отдельная область экрана, и он может перемещаться по игровому миру почти независимо от других участников) [1, 2]. В отличие от этих приложений, фреймовый оконный менеджер расширяет идею одновременного отображения нескольких функциональных частей приложения на одновременное отображение нескольких приложений на рабочем столе.

Фреймовые оконные менеджеры начали набирать популярность относительно недавно, по мере увеличения разрешения современных дисплеев. С увеличением рабочего пространства стала более актуальной задача оптимизации размещения окон, с возможностью их автоматического расположения в неперекрывающихся незанятых областях экрана. К числу наиболее популярных фреймовых оконных менеджеров для Unix-подобных ОС следует отнести XMonad, Ratpoison, ION, ScrotWM. К числу характерных особенностей перечисленных оконных менеджеров можно отнести гибкость настройки и в частности – запоминание размеров и позиций фрейма для конкретной программы, что делает тайлинг окон особенно удобным при выполнении на компьютере типовых задач в рамках нескольких унифицированных рабочих процессов.

Типичный фреймовый оконный менеджер не позволяет перетаскивать окна в пределах рабочего стола и всегда отображает их развернутыми на полный экран. При этом экономится некоторое количество места на экране, т. к. отпадает необходимость в обрамлении окон, а при взаимодействии с программой отсутствуют отвлекающие факторы. Однако «полный экран», на который развернуто окно, на самом деле может быть только частью дисплея, разделенного на несколько непересекающихся фреймов, каждый для отображения одной программы. В общем случае варианты деления экрана с наиболее распространенными на сегодняшний день соотношениями сторон 4:3 и 16:9 на фреймы для одновременного отображения множества сигналов можно обозначить соотношениями 1+3, 3+1, 1+1 (с вертикальным либо горизонтальным разделением), 2×2, 3×3, 4×4, 4×3, 1+12 (рис. 1).

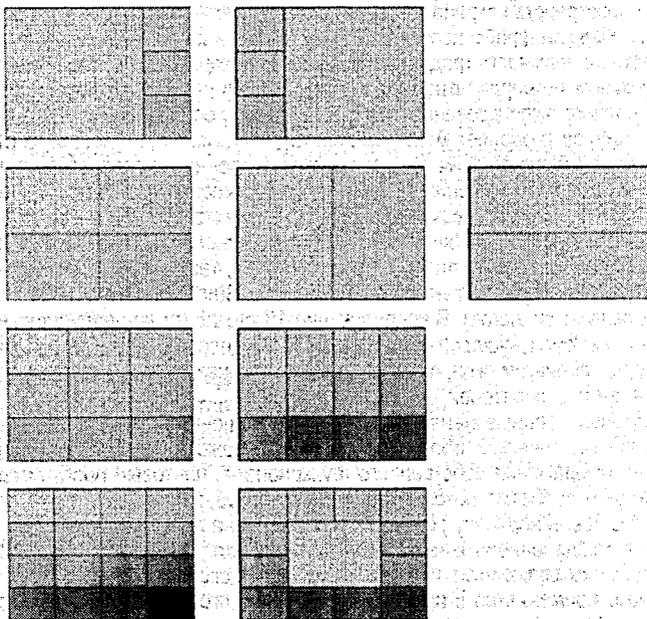


Рисунок 1 – Применяемые схемы фреймового деления экрана

Так, в системах видеонаблюдения исторически применялись квадраторы – электронное устройства, объединявшие четыре исходные аналоговые видеосигналы в один общий, одновременно содержащий уменьшенные изображения из всех исходных видеосигналов. В цифровых системах аналогичные функции выполняют цифровые видеорежиссеры и видеосерверы.

Несмотря на рост разрешения окон и эффективное использование тайлинга окон для ряда практических задач, универсальность фреймовых оконных менеджеров по-прежнему ограничивается классом ситуаций, когда все запущенные приложения способны разместиться на одном экране. В противном случае приходится применять такие меры, как перекрытие или сворачивание окон и переключаемые виртуальные экраны, в результате чего теряется простота управления фреймами и одинаковый уровень их доступности для пользователя. Однако возможность видеть одновременно, хотя бы с уменьшенной детализацией, изображения всех окон дает пользователю ощутимые преимущества [3], особенно в среде динамически изменяющихся объектов, к которым относятся все многозадачные графические среды современных операционных систем.

Выходом из ситуации может быть использование уменьшенных изображений окон, не помещающихся на дисплее в их естественном масштабе. Решения, позволяющие пользователю «свернуть» окно, в результате чего оно не отображается на экране непосредственно, а вместо этого присутствует в специальной области экрана в виде сильно уменьшенного изображения (миниатюры) исторически относят к док-панелям. Модули расширения, реализующие эту функциональность, время от времени появлялись для различных графических оболочек, но выход за рамки экспериментального проекта получил, по-видимому, только вариант для оконного менеджера XFVWM-Crystal [4]. Миниатюры окон более требовательны к ресурсам, и для их отображения крайне желательно использование аппаратно-ускоренной графики — возможности, появившиеся в популярных графических оболочках лишь в последние пять лет.

Нами разработана адаптация модели нелинейного масштабирования фреймов, позволяющая реализовать передачу фокуса окон (фреймов) за счет изменения их масштаба, когда единичный масштаб всегда имеет окно, находящееся в фокусе, а остальные фреймы отображаются с переменным масштабом, зависящим от размеров и положения окна.

Фактически, каждый масштабируемый фрейм делится на две зоны: основную 1 и сжатую 2. В зоне 1 отображается основная информация окна, представленная в единичном масштабе, либо масштабе, по возможности близком к единичному. В зоне 2 выводится изображение фрагмента фрейма, искаженное в соответствии с функцией, монотонно возрастающей вдоль координаты, по которой выполняется изменение масштаба. Таким образом, рабочая область делится на две части, и позиции пикселей, находящиеся во второй части, пересчитываются с переменным коэффициентом масштабирования [5].

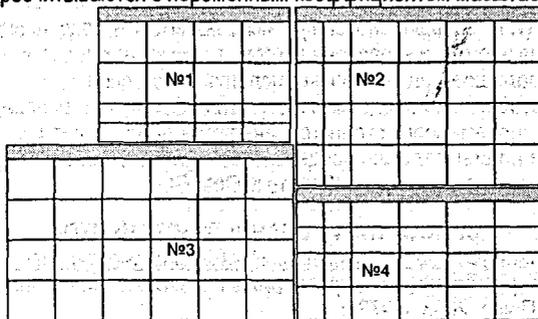


Рисунок 2 – Схема переменного масштабирования окон

На рис. 2 схематически изображен пример с четырьмя окнами, схема расположения фреймов которых может быть отнесена к категории 2x2. Окно №3 находится в фокусе и вся его площадь отображается с единичным масштабом. Размерная сетка остальных окон показывает их разделение на сжатую и несжатую части. Для лучшей детализации содержимого периферийных фреймов сжатие выполняется только по тем координатам, по которым окно не умещается в области вывода. При этом в первую очередь сжатию подвергаются части, прилегающие к активному несжатому фрейму, что должно дополнительно способствовать концентрации внимания пользователя на приложении в фокусе.

Изменение масштаба фрейма затрагивает только его изображение в физических координатах. Для самого приложения при этом не происходит никаких изменений в размерах, (иначе была бы нарушена обратная совместимость). Поэтому с точки зрения системы все элементы управления окна сохраняют свои прежние координаты, и, следовательно, взаимодействие с элементами окна с помощью мыши невозможно до тех пор, пока на окно не будет переключен фокус (комбинацией клавиш либо щелчком по сжатому фрейму) и оно не примет единичный масштаб. Рис. 3 показывает, как при этом будут изменяться масштабы окон и размеры соответствующих фреймов на примере передачи фокуса из центрального окна в фрейм, расположенный слева.

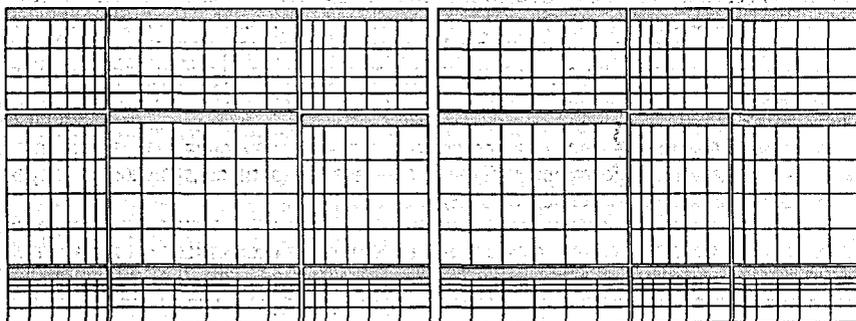


Рисунок 3 – Переключение фокуса окон между фреймами

Следует отметить, что пересчет физических координат не затрагивает взаимодействия приложения с клавиатурой. Поэтому в довершение к полному переключению фокуса окон со сменой масштаба имеет смысл предусмотреть возможность «облегченного» взаимодействия со сжатыми окнами путем кратковременной передачи клавиатурного фокуса. Передача может осуществляться отслеживанием расположения указателя мыши в зоне сжатого фрейма (т. н. эффект «hovering», используемый в традиционных интерфейсах для подсвечивания элемента управления, в зоне которого находится указатель).

Несмотря на большое количество вычислений, постоянно производимых таким интерфейсом для отображения содержимого сжатых фреймов в реальном времени, реализация на базе современного оконного менеджера не приведет к существенному увеличению нагрузки на центральный процессор, за счет аппаратного ускорения процедур масштабированного вывода через библиотеку OpenGL.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Tiling window manager. [http://en.wikipedia.org/wiki/Tiling\\_window\\_manager](http://en.wikipedia.org/wiki/Tiling_window_manager). 12.03.2011.
2. Раскин Дж. Интерфейс: новые направления в проектировании компьютерных систем. – СПб.: Символ-Плюс, 2003. – 272 с.

3. Гоманова, Е.В. Применение аналогии периферического зрения в аппаратно-ускоренном графическом интерфейсе пользователя / Е.В. Гоманова, Д.А. Костюк, К.Л. Костюк // Вестник БрГТУ. – 2007. – №5: Физика, математика, информатика. – С. 33–35.
4. Костюк, Д.А. Модель мини-окон с динамическим отображением в аппаратно-ускоренном графическом интерфейсе / Д.А. Костюк, В.В. Дёмин // Вестник БрГТУ. – 2009. – № 5: Физика, математика, информатика. – С. 71–74.
5. Дёмин, В.В. Реализация модели динамических мини-окон в аппаратно-ускоренном графическом интерфейсе // Современные проблемы математики и вычислительной техники: материалы VI Республиканской научной конференции молодых ученых и студентов, Брест, 26-28 ноября 2009 г. – Брест: БрГТУ, 2009. – Ч. II. – С. 21–24.
6. Никонюк, А.Н. Нелинейное масштабирование окон для экономии площади дисплея портативных устройств // Сучасні проблеми радіотехніки та телекомунікацій «РТ – 2011»: Матеріали 7-ої міжнар. молодіжної наук.-техн. конф., Севастополь 11–15 квітня 2011 р. – Севастополь: СевНТУ, 2011. – С. 362.

УДК 621.396.9

*Ноздрин-Плотницький Н.Н.*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Поляков В.И.*

### МОДЕЛЬ РАДИОЛОКАТОРА КРУГОВОГО ОБЗОРА С АДАПТИВНОЙ СИСТЕМОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ПОМЕХ

Радиолокация – отрасль радиоэлектроники, обеспечивающая получение сведений об объектах путем приема и анализа радиоволн. Из определения понятно, что основные задачи радиолокатора – это обнаружение целей, измерение их координат и параметров движения. В связи с большим распространением радиоэлектронных средств (РЭС) возникает проблема зашумленности электромагнитной обстановки радиолокатора [1], которая обуславливает необходимость проектирования новых средств защиты от помех. В большинстве случаев электромагнитную обстановку радиолокатора предугадать невозможно, что влечет за собой проектирование адаптивной системы защиты, основанной на статистических представлениях. Разрабатываемая система должна обеспечивать необходимую помехозащищенность и помехоустойчивость радиолокатора. Моделирование способно упростить задачу инженерного проектирования в целом и получить предварительные характеристики системы защиты. Для создания адекватной модели в ней необходимо отразить важные физические и электрические характеристики электромагнитной обстановки, приемной антенны и системы защиты радиолокатора [2].



Рисунок 1 – Модель системы защиты РЭС от помех

Модель для исследования эффективности защиты радиолокатора в обобщенном виде представлена на рисунке 1 и включает следующие подсистемы: модель электромагнитной обстановки и модель локатора.

Электромагнитная обстановка определяется полезным сигналом и помехой (помехами). В качестве основных параметров сигнала и помехи обычно рассматриваются: зенит и азимут приема, амплитудные и частотные характеристики (форма сигнала, мощность, частота и длительность, спектр). В случае параметризации помехи следует также добавить применяемую статистику.

Модель локатора состоит из моделей приемной антенны и компенсатора помех. К числу основных параметров моделирования приемной антенны можно отнести диаграмму направленного действия, коэффициент полезного действия, эффективную площадь и др.

Автокомпенсатор – это один из способов реализации адаптивной системы защиты, основанной на пространственном различии сигнала и помех. Защита достигается путем введения вспомогательных антенн с обратной корреляционной связью.

На практике применяют квадратурный или гетеродинный автокомпенсатор. Схема квадратурного автокомпенсатора приведена на рисунке 2.

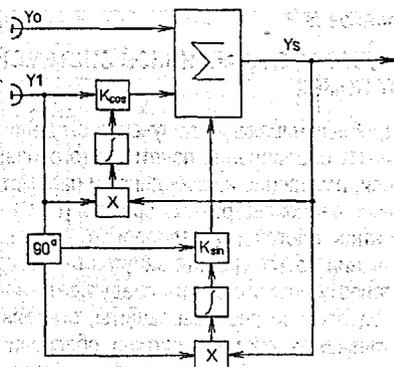


Рисунок 2 – Структурная схема квадратурного компенсатора

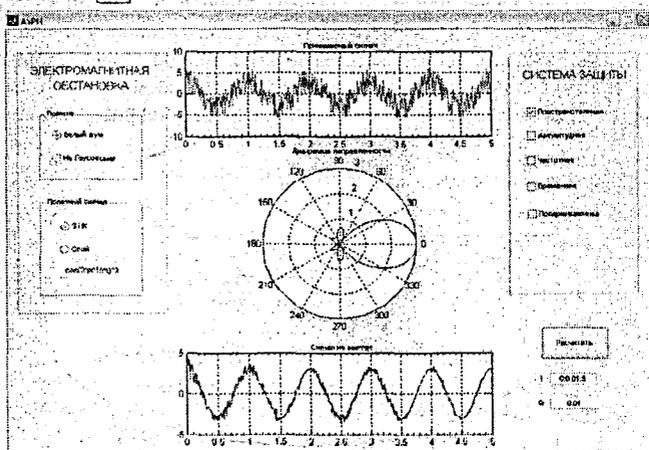


Рисунок 3 – Внешний вид моделирующей программы

Экран работы системы моделирования, реализованной в программной среде MATLAB, представлен на рисунке 3. Как видно из рисунка, помеха полностью не скомпенсирована, при этом коэффициент подавления помехи зависит от отношения сигнал/шум и степени коррелированности принимаемого сигнала во вспомогательном канале.

Модель применима в учебном процессе для исследования эффективности адаптивных систем защиты от помех.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Теоретические основы радиолокации / Под. ред Я.Д. Ширмана. – М.: Сов. радио, 1984. – 410 с.
2. Монаков, А.А. Основы моделирования радиоэлектронных систем: учебное пособие. – СПб.: ГУАП, 2005. – 100 с.

УДК 004.514.62

**Сакович И.В.**

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

#### ЦВЕТОДИФФЕРЕНЦИРОВАННАЯ ФOLКСОНОМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА АГРЕГАЦИИ ДОКУМЕНТОВ

По мере роста емкости накопителей и, соответственно, архивов документов, падение эффективности поиска информации в иерархических файловых системах становится все более заметным. На передний план выходят такие проблемы каталогизации, как необходимость дисциплинированного подхода к именованию и размещению файлов, вдумчивому составлению названий, а также значительные трудозатраты по разбору уже существующего хаоса.

Системы локального поиска по содержимому документов получили распространение на компьютерах пользователей начиная с 2004 года. Разработчиками таких систем были опробованы два подхода: сканирование в процессе поиска и использование заранее составленных индексных таблиц. Поиск по первому варианту занимает слишком продолжительное время (а при использовании в локальной сети приводит к абсолютно неприемлемым задержкам); поэтому он не получил значительного распространения. Поиск с предварительным индексированием, занявший большую долю рынка, также нельзя назвать идеальным решением проблемы, поскольку операция индексирования – ресурсоемкая процедура, которая должна постоянно выполняться в фоновом режиме для обеспечения актуальности результатов поиска, тем самым заметно повышая нагрузку системы и снижая срок службы аппаратного обеспечения.

В дополнение к сказанному, поиск сам по себе – не идеальное решение. Применение вместо поиска информации визуального ориентирования в ее потоке, основанного на системе информационных тегов документов, позволяет увеличить наглядность и интуитивность интерфейса, упростить ориентирование человека в информационном пространстве.

В последнее время в интернет-технологиях находят применение системы фолксонимического упорядочения информации – категоризации информации посредством произвольно выбираемых тегов. Данный способ представления обладает рядом преимуществ по сравнению с более традиционными типами таксономической (иерархической) и фасетной классификации. Наблюдаемая тенденция является прямым следствием ограни-

чений таксономии (если объект можно привязать только к одному узлу, становится невозможным описать все его необходимые качества) и фасетизации (необходимость существования заранее продуманной и слабо расширяемой системы тегов) [1].

Фолксномия позволяет использовать наглядные средства навигации сразу по всему пространству тегов, а также предоставляет актуализирующийся в реальном масштабе времени набор категорий классификатора. Пользователь оказывается избавлен от входного барьера, поскольку для начала работы (классифицирования) не нужно обладать знанием о существующем классификаторе. При этом при назначении объекту тега, пользователь сразу может получить информацию о том, что еще помечено тем же тегом, сколько людей пометили этот объект и как теги пересекаются.

Нами разработана система фолксномической навигации по документам, использующая два средства визуализации категорий: облако тегов и связанные списки.

Облако тегов – структура, используемая для визуального представления категорий в веб-технологиях. Частота упоминаний ключевого слова отображается в виде изображения этого слова с размером шрифта, пропорциональным релевантности слова. Типичное облако включает от 30 до 150 тегов, и т.о. имеет большую емкость по сравнению с такими традиционными способами отображения взвешенных массивов слов, как круговые диаграммы или гистограммы. С другой стороны, облако тегов дает меньшую точность представления весов, а его одноуровневая организация не предполагает развитой навигации и отслеживания внутренних связей [2, 3].

Нами предложен [2] механизм визуальной навигации по внутренним связям тегов в виде системы связанных списков, изначально реализованной в файловом менеджере систем NextStep. В режиме просмотра файловый менеджер предоставляет пользователю два средства навигации: Icon Path и View Area. Icon Path представляет траекторию от корня файловой системы к текущему каталогу либо выбранному файлу. View Area отображает содержание файловой системы, представляя среду выдвинутого на первый план объекта в виде последовательности списков содержимого элементов из Icon Path. Структура хранит цепочку выбора пользователя [2, 4] и обеспечивает легкое передвижение по ней. Если пользователь возвращается на несколько шагов назад и выбирает другое направление, часть прежней цепочки удаляется и создается новая.

Разработанная программная система классификации документов включает интерфейс для внесения документов и их тегов в базу, визуальные средства навигации по тегам документов, возможность просмотра облака тегов документов в качестве статистических данных о релевантности и частоте использования тегов, возможность удалять документы и маркирующие их теги, изменять теги документов.

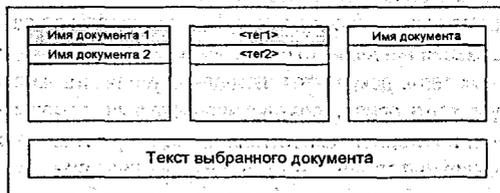


Рисунок 1 – Навигация по тегам

На рис. 1 показано отображение трех списков документов/тегов, один из которых является активным. При продвижении пользователя по базе изменяются отображаемые элементы. По мере выбора документов/тегов в интерфейсе навигации формируется и визуально отображается в виде списков цепочка, позволяющая вернуться в любую точку выбора средствами горизонтальной прокрутки панели со списками. Для удобства реализован просмотр содержимого активного документа в нижней части окна (рис 2а).

Для добавления документов в классификатор реализован интерфейс, позволяющий просмотреть при необходимости содержимое добавляемого документа и выбрать из него слова или фразы для тегирования, с возможностью редактирования и удаления ранее добавленных тегов. Для предоставления пользователю возможности выделения тегов по категориям, например таким, как «понятия и определения», «авторы» и др. реализован диалог задания цвета вводимого тега (рис 2б).

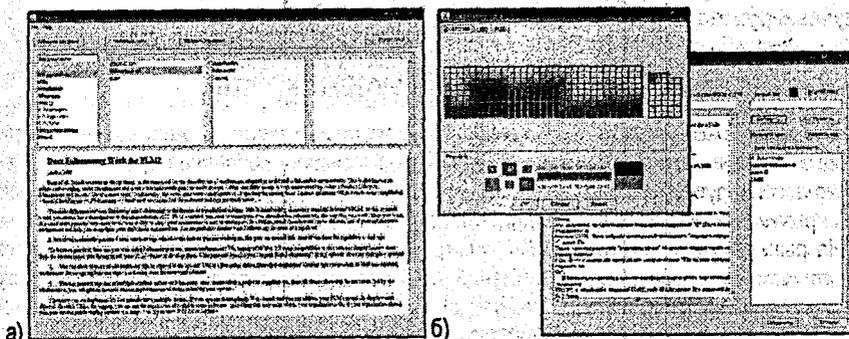


Рисунок 2 – Окно навигации (а) и диалог цветочкодированного тегирования документа (б).

Система хранит в виде базы данных информацию о содержащихся в ней документах и их информационных тегах. Программа обращается к базе данных при каждом осуществлении пользователем выбора документов/тегов, добавлении и удалении документов, редактировании тегов. Это значит, что соединяться с базой данных придется часто, что в конечном счете, учитывая объем обрабатываемой информации, может привести к замедлению работы. Для обеспечения эффективной работы системы применения паттерн «пул соединений». Реализовано хранилище объектов (в нашем случае – соединений), и в каждый момент времени любой потребитель может взять объект из пула, попользоваться и вернуть в пул. При отсутствии свободных объектов выполняется ожидание возврата объекта одним из потребителей. Если время пользования объектами невелико, один пул может обслуживать значительное число потребителей. Подход особенно эффективен в многопользовательских системах.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Mathes, A. Folksonomies – Cooperative Classification and Communication Through Shared Metadata // Computer Mediated Communication - LIS590CMC Graduate School of Library and Information Science, University of Illinois Urbana-Champaign. December 2004. <http://www.adammathes.com/academic/computer-mediated-communication/folksonomies.html>

2. Калиновский, Р. Применение фолксномической классификации для визуального ориентирования в базе электронных документов / Р. Калиновский, Д. Костюк, И. Ненадовец // Сетевые решения. – № 7: – 2008. – С. 93–96.
3. Ненадовец, И.В. Использование структуры «облако тегов» для доступа к архивам документов: сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов. – Часть 1. – Брест: изд-во БрГТУ, 2008. – С. 148–151.
4. Калиновский, Р.В. Применение связанных списков для навигации в фолксномических структурах / Р.В. Калиновский, И.В. Ненадовец // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов. – Часть 1. – Брест: Изд-во БрГТУ, 2008. – С. 152–155.

УДК 004.514.62

*Семенюк Т.Ю., Склипус Д.Б.*

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

### **ИНТЕГРАЦИЯ СРЕДСТВ БЫТОВОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО МОНИТОРИНГА В ДОМАШНЮЮ КОМПЬЮТЕРНУЮ СЕТЬ**

Концепция внедрения интеллектуальных электронных систем в жилое пространство человека для автоматизации ручных процессов в быту в последнее время все более тесно ассоциируется с термином эко-жилье (англ. «eco-house»), приобретая таким образом ярковыраженную ориентированность на экологичность и энергосбережение.

На рынке наблюдается широкий спектр проектов данной направленности. Минусом практически всех коммерческих решений является их слабая расширяемость и конфигурируемость (ориентация только на неквалифицированных пользователей), а также высокая стоимость, вызванная слабой взаимозаменяемостью узлов и невысокой конкуренцией на рынке.

Однако современное жилье все чаще оказывается компьютеризированным. Типично объединение домашних компьютерных устройств в локальную сеть, а также наличие отдельного сервера, обеспечивающего ее работу. Интеграция систем эко-жилья в домашний компьютерный комплекс и использование универсального ПО, на наш взгляд, может существенно снизить стоимость внедрения интеллектуальной домашней электроники.

В данной работе мы рассматриваем данный подход на примере разработки системы мониторинга температуры. Данная система предназначена для сбора показаний с температурных датчиков и формирования трёхмерной модели дома с интерполяцией температуры в произвольной точке модели. Такой подход позволяет владельцу системы оптимально отрегулировать температуру с помощью регуляторов на радиаторах отопления, либо автоматизировать данную процедуру установкой электронных регуляторов.

Из соображений простоты, надёжности и дешевизны для построения модуля управления системы выбран микропроцессорный комплект Arduino Mega на базе микроконтроллера ATmega1280 (плата изображена на рисунке 1). Платформа содержит 54 цифровых входа/выхода (14 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 16 аналоговых входов, 4 последовательных порта UART, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB или подать питание при помощи адаптера AC/DC или аккумуляторной батареей.

Для уменьшения себестоимости системы была разработана собственная плата на микроконтроллере ATmega32. Одной из ее особенностей является наличие усилителя для управления мощными элементами – реле, электромоторами, соленоидами. Плата поддерживает те же средства программирования, что и плата Arduino Mega, поэтому перенос программного обеспечения на нее осуществляется редактированием конфигурационных файлов.

Для измерения температуры предусмотрено использование датчиков двух типов: аналоговых и цифровых. Выбор типа датчика обусловлен расстоянием от управляющего устройства до точки измерения.

Выбор аналогового датчика обусловлен его низкой стоимостью и достаточной точностью измерения температуры. Датчик имеет три линии: к двум из них подключается питающее напряжение, третья линия подключается к аналоговому порту управляющего устройства. Для преобразования напряжения сигнала в цифровое значение температуры в градусах Цельсия используются математические преобразования. Для подключения датчика на расстояния менее трёх метров используется экранированный кабель, который служит для защиты аналогового сигнала от внешних помех.

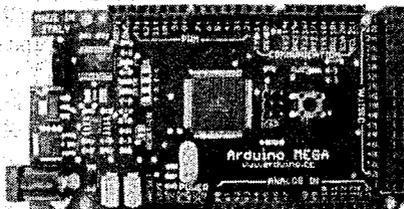


Рисунок 1 – Управляющее устройство на базе Arduino Mega

Цифровой датчик температуры работает по протоколу «1 wire» и использует две линии для передачи данных: первая линия обеспечивает питание и передачу, а вторая является «землей». В таком режиме работы передача данных на большие расстояния невозможна из-за помех в электрических цепях. Поэтому было решено разделить линию питания и связи на две, что обеспечило надежную работу датчика на расстоянии до 50 м. Использование датчиков этого вида предполагается в помещениях, наиболее удалённых от управляющего устройства.

Передача данных с устройства управления на персональный компьютер, выполняющий роль домашнего сервера (с запущенной на нем службой веб-сервера), осуществляется по последовательному интерфейсу, функционирующему логически поверх шины USB. Веб-сервер обеспечивает предоставление информации с температурных датчиков аутентифицированным пользователям по протоколу HTTP.

При необходимости обеспечения доступа к базовой станции из сети Интернет используется динамический IP-адрес, предоставляемый бесплатным сервисом Dynamic DNS.

В дальнейшем планируется расширение разработанной системы за счет добавления в неё актуаторов – устройств воздействия на окружающую среду.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Саймон, Р. Microsoft Windows 2000 API. Энциклопедия программиста. – СПб., 2002.
2. Гук, М.Ю. Аппаратные средства IBM PC. Энциклопедия. 3-е издание. – СПб., 2006.
3. Несвижский, В. Программирование аппаратных средств в Windows. – СПб., 2006.

### **МОДУЛЬНЫЕ СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ МАСШТАБИРУЕМЫМИ САЙТАМИ**

Использование широкого класса современных сайтов требует поддержки их динамического контента, когда страница, генерируемая сервером, зависит от параметров, передаваемых при обращении пользователя к сайту. Соответственно перспективным направлением является разработка универсальных систем управления сайтом (контентом) CMS, настраиваемых под любой тип динамического контента благодаря модульному принципу построения, а также не требующих участия веб-мастера в текущем управлении ресурсами. Такая система изначально адаптируется мастером под предметную область, и его дальнейшее участие может быть вызвано лишь необходимостью расширения функциональных возможностей сайта. Это снижает сроки разработки и соответственно экономит средства владельца сайта.

Указанные CMS должны обеспечивать следующий набор базовых характеристик:

- модульность, расширяемость функциональных возможностей сайта, создание неограниченного количества полнофункциональных элементов CMS;
- многоязычность, неограниченное количество языковых версий с разделением языковых версий интерфейса и контента;
- многопользовательский доступ как в рамках всего сайта, так и к его конкретной языковой версии с поддержкой иерархии прав, когда каждый модуль может редактировать конкретный пользователь;
- поддержку человекопонятных URL, использование псевдонимов url.

Приемлемое быстродействие системы обеспечивается за счет оптимизации кода "ядра", минимизации объемов выполняемых сценариев, кэширования генерируемых страниц, отдельных html-блоков, часто используемых данных.

Система базируется на отделении дизайна от кода, использовании шаблонов, что обеспечивает ее технологичность, масштабируемость, позволяя разделять функции программистов, дизайнеров, верстальщиков, ограничивая знания последних базовыми возможностями языка PHP.

Включает "ядро" и подсистемы поддержки управления:

- языковой версией;
- пользователями;
- конфигурированием сайта;
- кэшированием страниц сайта;
- иерархическими древовидными структурами и др.

В "ядре" выделены подсистемы: управления сайтом, управления панелью администратора, обработки асинхронных запросов по технологии Ajax как для сайта, так и для панели администратора.

Для функциональной поддержки разработки приложений, работы с html-формами, расширения их функциональности реализован специальный фреймворк. Базовые элементы: заголовки форм, текстовые поля, поля ввода e-mail, чисел, паролей, url, числовые, скрытые числовые поля, списки, списки с числовыми значениями элементов, поле загрузки и предпросмотра изображений, формы, таблицы вывода списка записей БД, поле таблицы для вывода атрибута записи, ссылки, изображения, элементы управления навигацией и др.

Для редактирования страниц сайта в браузере в режиме on-line в стиле офисных пакетов OpenOffice, MS Office в систему интегрирован свободно распространяемый редак-

тор `Типу_тсе` с фаловым менеджером, обеспечивающим загрузку и предварительный просмотр изображений. При необходимости вместо `Типу_тсе` может быть использован другой редактор.

Система реализована на языке PHP 5 (серверные скрипты) [1, 2]; Javascript (клиентские скрипты) с использованием библиотеки jQuery, технологии Ajax для поддержки пользовательской обработки данных без перезагрузки страниц, средств CSS.

Хранение и доступ к данным поддерживаются СУБД MySQL. Для работы системы требуется сервер Apache с поддержкой PHP 5.12 и `mod_rewrite` для поддержки человекопонятных URL. Система апробирована, успешно используется в практических приложениях.

Система обеспечивает администраторам интуитивное управление динамическим содержанием разветвленных сайтов, таких как сайты компаний, порталов, интернет-магазинов. Разработчикам предоставлены средства масштабирования сайтов. Заложена в систему возможность распараллеливания процессов разработки сайта позволяет снижать стоимость разработки.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Костарев, А. PHP 5 в подлиннике / А. Костарев, Д. Котеров. – М.: "БНВ", 2008. – 1104 с.
2. Зандстра, М. PHP: объекты, шаблоны и методики программирования / М. Зандстра. – М.: Вильямс, 2010. – 560 с.

УДК 004.8.032.26

*Янковский С.Ч., Михняев А.Л.*  
*Научный руководитель: Шуть В.Н.*

### ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА

Всё в больших объемах и в самых разнообразных качествах роботы входят в нашу действительность: искусство, быт, производство и т.д. Есть роботы-футболисты, роботы-повара, роботы-няни, роботы-саперы, пожарные, охранники и прочее.

Роботы незаменимы во многих отраслях производства. К примеру, роботы-сварщики повсеместно используются в производстве автомобилей. Есть роботы, занимающиеся покраской. В радиоэлектронной промышленности роботы используются для пайки микроскопических проводников, расстановки интегральных схем на печатные платы, в контроле и диагностике готовых приборов и многом другом. Используются роботы и в управлении дорожным движением автотранспорта.

Эти специализированные роботы совершают одну и ту же высокоточную работу изо дня в день. Для человека такая работа является скучной и утомительной – от однообразия наступает утомление, которое порождает ошибки.

Производственные ошибки снижают продуктивность труда. Что в свою очередь приводит к увеличению стоимости производства.

Роботы идеально подходят для монотонной, однообразной работы. Скорость их работы выше, они обходятся дешевле работников – людей и не подвержены усталости. Это является одной из причин низкой цены производимой продукции.

В настоящей работе предлагается еще один тип роботов – транспортных, работающих на конкретных маршрутах и выполняющих набор циклических операций.

#### Постановка задачи

Совсем недавно проблемы координации и управления транспортными потоками и потоками общественного транспорта на улично-дорожных сетях (УДС) не были столь актуальными. В условиях не слишком высоких загрузок УДС функционировали достаточно эффективно, и их деятельность не приводила к серьезным перебоям и отказам в обслуживании.

живании. В последние годы рост уровня автомобилизации и подвижности населения привел к насыщению городских улиц, что явилось причиной переоценки принципов управления транспортными потоками. Задача проекта заключается в автоматизации перевозки пассажиров по 100-му маршруту города Минска (Вокзал – Национальная библиотека). Длина данного маршрута составляет более 12 км. Маршрут имеет малое количество поворотов, что упрощает его автоматизацию.

Статистические данные интенсивности перевозимых пассажиров говорят о том, что использование на этом маршруте автобусов большой вместительности не рационально из-за колеблющегося во времени потока пассажиров. В час пик автобусы переполнены, в вечернее и утреннее время наблюдается значительная недозагрузка автобуса, что является не рациональным в экономическом плане. Решение этих проблем также желает лучшего. Во время малого потока пассажиров автобус ходит с интервалом более 20-30 минут, что вызывает определенные неудобства у пассажиров. Также использование автобусов с двигателями внутреннего сгорания несет вред окружающей среде. Такое положение вещей не может устраивать общество при современном развитии транспорта.

### Предлагаемое решение

Решением проблемы может стать предложенный проект. Вместо вместительного автобуса на данном маршруте перевозку пассажиров будут осуществлять автономные электрокары без водителя, вместительностью 15–20 человек. Управление электрокаром выполняется внутренним, встроенным компьютером. В зависимости от интенсивности потока пассажиров на маршруте будет находиться разное количество электрокаров. Все электрокары будут соединены и контролироваться центральной системой управления, которая будет давать сигнал, в зависимости от интенсивности потока пассажиров, на выезд из места зарядки электрокаров, либо же на их стоянку и зарядку.

Электрокары (рис. 1) будут оснащены правыми монорельсными колесами, по всему маршруту движения будет проложен монорельс. Это позволит упростить систему управления электрокаром, дав возможность двигаться ему только в направлении вперед/назад. Это движение будет контролироваться автоматически, с помощью детекторов транспорта, которые будут определять расстояние до впереди находящегося объекта, и, если это расстояние будет меньше заданной величины, электрокар будет сбрасывать скорость, вплоть до полной остановки.



Рисунок 1 – Электрокар

На расстоянии 200–300 метров от остановки будут стоять датчики, которые будут посылать электрокару сигнал о приближающейся остановке, что даст возможность электрокару постепенно уменьшить скорость своего движения. Перед самой остановкой также будет стоять ряд датчиков, посылающих электрокару сигнал остановки.

Для определения количества людей в электромобиль на входе (на дверях) располагаются две пары инфракрасных (ИК) датчиков с номерами 1 и 2. Если пары ИК датчиков будут пересечены в порядке 1–2, то человек вошел в электромобиль, если в порядке 2–1, то человек вышел. Таким образом, можно судить о количестве пассажиров в салоне электромобиля.

Закрытие дверей электромобиля осуществляется при одновременном истечении времени  $t_{\min}$  остановки и отсутствия входящих пешеходов в электромобиль от датчиков дверей. Теперь электромобиль готов к движению. Сигнал на начало движения должен поступить с детекторов транспорта, расположенных спереди электрокара.

Система будет гибко реагировать на интенсивность потока пассажиров. Реализовано это будет следующим образом. Если электрокар набирает количество пассажиров выше определенного порога, то он посылает сигнал сзади едущему электрокару о необходимости сократить интервал между рейсами, если же пассажиров меньше определенного порога, сигнал поступает о увеличении интервала между рейсами. Если колебания интенсивности невозможно удовлетворить такими действиями, количество электрокаров на маршруте будет либо увеличиваться, либо уменьшаться.

На протяжении маршрута предусмотрены 2 точки стоянки и зарядки электрокаров. Они будут находиться соответственно возле Национальной библиотеки и возле вокзала. По приезду на место зарядки электрокар будет становиться на зарядку, а вместо него будет выезжать другой электрокар, который простоял на зарядке уже некоторое время. Тем самым маршрут будет иметь 2 точки полной высадки пассажиров.

Данный проект направлен на повышение мобильности и гибкости перевозки пассажиров, а также несет в себе экономические и экологические выгоды.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Врубель, Ю.А. Организация дорожного движения. – Минск, 1996. – Часть 2. – С. 283–287.
2. Шуть, В.Н. Детерминированная модель координированного регулирования движения автотранспорта на магистрали с Т-образными перекрестками / Вестник БНТУ. – 2009. – № 4. – С. 45–48.

УДК 004.051

*Гречка А.В.*

*Научный руководитель: д.т.н. Головкин В.А.*

#### СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ РАСПИСАНИЯ ДЛЯ ОПЕРАТОРОВ ЦОВ

Система формирования расписания для операторов ЦОВ относится к задачам календарного планирования. Целью решения большинства таких задач является оптимизация выполнения некоторых процессов.

В данном случае речь идет о параметрах функционирования ЦОВ как системы массового обслуживания.

Специфика работы центров обслуживания вызовов в том, что они обрабатывают однотипные вопросы. В таких системах вызовы поступают по входящим линиям и обрабатываются операторами, число которых меньше или равно количеству линий. Если входящий вызов застаёт все линии занятыми, то он отклоняется. Часть вызовов может уйти из очереди, не дождавись обслуживания. Для неуспешных вызовов возможны повторные попытки.

Система формирования расписания включает в себя 2 задачи: составление карты смен, т.е. упорядочивания во времени определенного количества смен с целью оптимизации работы ЦОВ и непосредственного назначения смен операторам.

Справочная служба 109 является круглосуточным сервисом. Карта смен не фиксирована. Время дискретизации начала смен – полчаса. Фиксированными являются ночные и разрывные смены (перерыв равен 4 часа). Расстановка остальных смен является довольно сложной комбинаторной задачей, т.к. необходимо подобрать такую расстановку смен, при которой параметры системы массового обслуживания сводили бы к минимуму среднее время ожидания заявок в сети.

При решении задачи расстановки людей по сменам также необходимо учитывать ряд факторов. Расписание операторов ЦОВ должно удовлетворять положениям трудового кодекса: не больше 35 рабочих часов в неделю, межсменный перерыв не менее 14 часов, ограничения на работу в ночные смены и т.д.

Для решения комбинаторных задач успешно применяются генетические алгоритмы. Но сперва необходимо выяснить, какая именно существует зависимость между картой смен и искомыми параметрами – среднее время ожидания заявок в сети. Т.к. ЦОВ является системой массового обслуживания с накопителем конечной ёмкости (ожиданием и ограничениями), существует нелинейная зависимость между количеством обрабатывающих устройств в единицу времени, интенсивностью входного потока и среднего времени ожидания в сети. Эту зависимость можно описать следующей формулой:

$$L = \beta_0 \frac{(\lambda \bar{T}_{абс})^{K+1}}{K! K \left(1 - \frac{\lambda T_{абс}}{K}\right)^2} \quad (1)$$

где  $L$  – средняя длина очереди в блоке ожидания;

$\beta_0$  – стационарная вероятность того, что в СМО нет заявок;

$\bar{T}_{абс}$  – среднее время обслуживания;

$K$  – число каналов;

$\lambda$  – интенсивность входного потока.

Подразумевается, что нам известна предполагаемая интенсивность входного потока – количество вызовов в единицу времени. На основании карты смен можно легко вычислить количество обрабатывающих устройств (в данном случае операторов) в единицу времени (см. рис. 1).

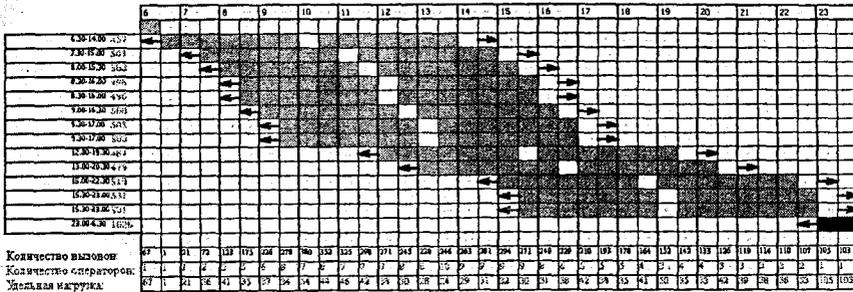


Рисунок 1 – Карта смен на один день

Очевидно, что при использовании формулы (1) неизбежны большие вычислительные затраты и следовательно увеличение времени вычислений. Получить зависимость количества операторов от количества вызовов, при котором время ожидания в сети было бы в рамках допустимого диапазона, можно эмпирическим методом. Проанализируем статистические данные. Так как стоит задача свести к минимуму среднее время ожидания, необходимо выбрать значения количества операторов и количество вызовов в час, при котором среднее время ожидания заявки в очереди находится в пределах заданного диапазона, и выявить функциональную зависимость между этими значениями. Для аппроксимации данных значений можно использовать нейронную сеть, в которой в качестве входного данного будет количество вызовов в час, а выходное значение – требуемое количество операторов в час, чтобы значение среднего времени ожидания было в нужном диапазоне (см. рис. 2).

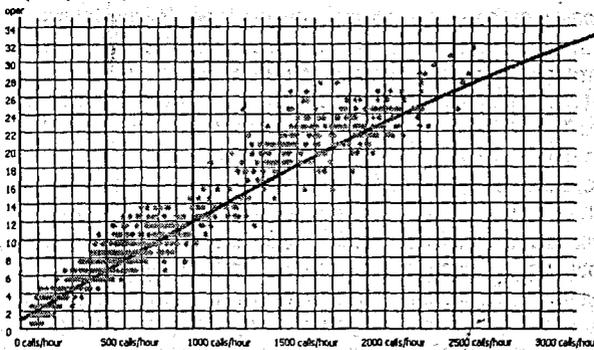


Рисунок 2 – Зависимость количества обрабатывающих узлов (операторов) от нагрузки при среднем времени ожидания заявки в очереди 32–37 сек.

Имея функциональную зависимость, производим перевод одних данных в другие: предполагаемое количество вызовов в количестве операторов. Теперь задача сводится к поиску такого расписания, в котором значение количества операторов, работающих в каждые полчаса приближено к рассчитанному значению.

Для решения этой задачи применяем генетический алгоритм. Особью будет являться карта смен (расписание). Генетический код – массив числовых значений, который однозначно

характеризует данное расписание. Функция приспособленности – дисперсия коэффициентов пропорциональности необходимого и полученного количества операторов.

Полноценное расписание кроме карты смен подразумевает расстановку операторов по сменам. Оптимальное расписание формируется на основании карты смен, информации об операторах и правил. Отдельное внимание стоит уделить так называемым правилам, они играют ключевую роль в формировании расписания. Ими описывается, что представляет из себя оптимальное расписание. Правило – выражение, вычисляющее метрику на основании параметров смены или смен. Выражение состоит из алгебры и переменных. Переменные:

- структура СМЕНА: день, начало, конец, перерыв, длительность, оператор и т.д.;
- структура ОПЕРАТОР: рабочие дни, требуемое количество часов, текущее количество часов, метрика и т.д.;
- текущий день – номер, день недели;
- текущий оператор и т.д.

В массиве смен указание элемента по абсолютному индексу (день) и по относительному (0 - сегодня, -1 - вчера). У каждого оператора свой массив смен. Если смена в данный день отсутствует, храним специальную смену «выходной». Набор правил суммирует метрики для данной смены. Для каждой смены оператора применяем набор правил и суммируем метрики, нормализуем суммарные метрики, т.е. делим на количество часов оператора. Строим такое расписание, которое обладает минимальной дисперсией и минимальной суммой метрик.

Решение такой задачи можно разделить на 2 этапа: расстановку операторов по дням и расстановку операторов по сменам.

**1 этап:** расстановка людей по дням, т.е. просто определить какие операторы в какие дни будут работать, не указывая конкретные смены. На этом этапе учитываем только правила, в которых не указаны конкретные параметры смены. Ниже приведены примеры правил:

1)  $1000 * (\text{hasWeekend} == 0)$  – если у оператора отсутствует хотя бы одна пара выходных суббота, воскресенье, увеличиваем метрику на 1000.

2)  $10000 * ((\text{shift}[0].\text{isDayOff} + \text{shift}[-1].\text{isDayOff} + \text{shift}[2].\text{isDayOff} + \text{shift}[-3].\text{isDayOff} + \text{shift}[-4].\text{isDayOff} + \text{shift}[-5].\text{isDayOff}) == 0)$

– если у оператора шесть подряд рабочих дней, увеличиваем метрику на 10000.

3)  $1000 * (\text{shift}[0].\text{isNightShift} * (\text{shift}[2].\text{isDayOff} != 1))$

– если у оператора после ночной смены сразу рабочий день, увеличиваем метрику на 10000.

Для того, чтобы начать процесс оптимизации, т.е. минимизации суммы и дисперсии метрик, необходимо сформировать первоначальную расстановку по дням, без учета правил. Иначе можно сказать, формируем бинарную матрицу  $M$  с ограничениями размером  $n * m$ , где  $n$  – количество дней в месяце,  $m$  – количество операторов.  $M_{ij} = 1$  обозначает, что у  $i$ -того оператора есть смена в день  $j$ . Ограничениями являются – сумма единиц в строке (количество смен в месяц у оператора), сумма единиц в столбце (количество смен в день), маска отпусков (элементы матрицы, которые не могут принимать единичные значения), маска фиксированных смен (смены, заданные пользователем – элементы матрицы, которые не могут принимать нулевое значение), предполагаемые ночные смены (на этом этапе подразумевается, что ночная смена занимает 2 дня) и др. Сам процесс оптимизации основан на заменах рабочих смен операторов, т.е. меняем операторов местами, если это возможно. Замена возможна, если она не меняет заданные параметры матрицы. Примеры таких замен на рисунке 3.

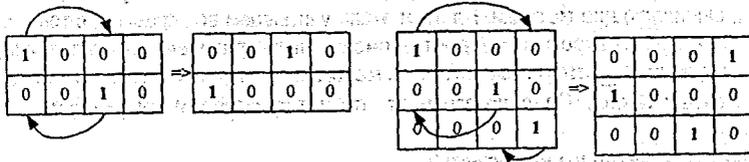


Рисунок 3 – Замена смен

Для того, чтобы ускорить алгоритм поиска оптимальной расстановки по дням подобными заменами, находим для каждого оператора смену (смены) – факторы метрик, т.е. смены, которые максимально влияют на метрику. И подобными свопами (см. рис. 3) меняем ее. Результаты работы алгоритма представлены на рисунках 4, 5.

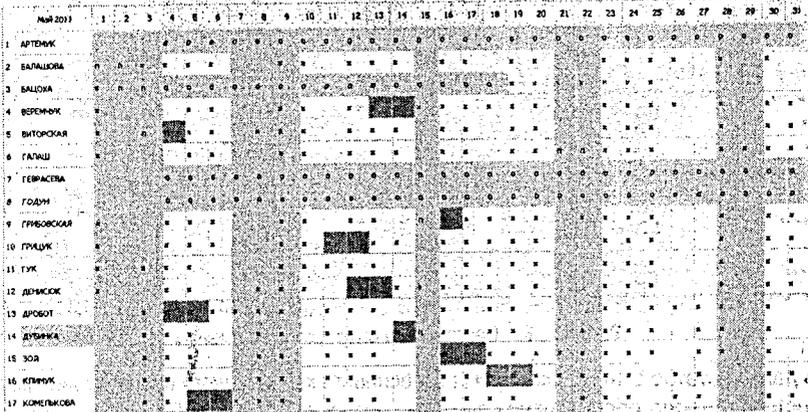


Рисунок 4 – Первоначальная расстановка операторов по дням

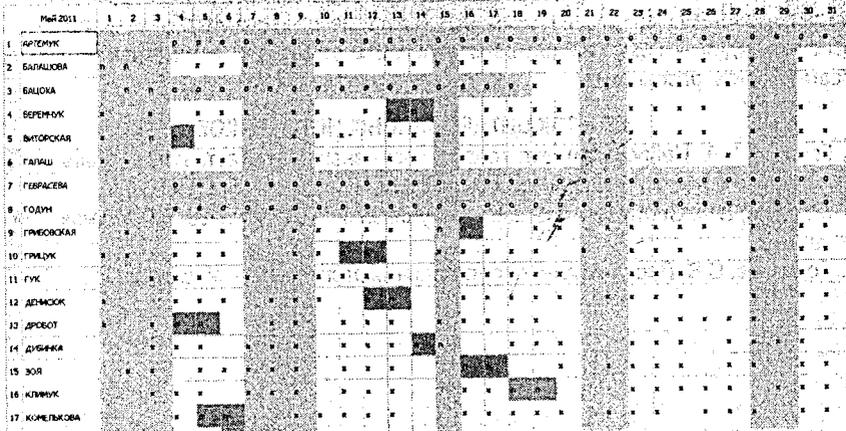


Рисунок 5 – Расстановка операторов по дням, после оптимизации

**2 этап:** расстановка операторов по сменам. Аналогично первому этапу применяем правила, вычисляющие метрики. На этом этапе учитываем все правила, в том числе те, в которых указаны конкретные параметры смены. Ниже приведен пример правила.  $1000 * (\text{текущий\_опер. смена} [0] \cdot \text{начало} - \text{текущий\_опер. смена} [-1] \cdot \text{конец} < 14)$ . Правило означает, что между сменами должно быть не менее 14 часов.

Результаты приведены на рисунке 6.

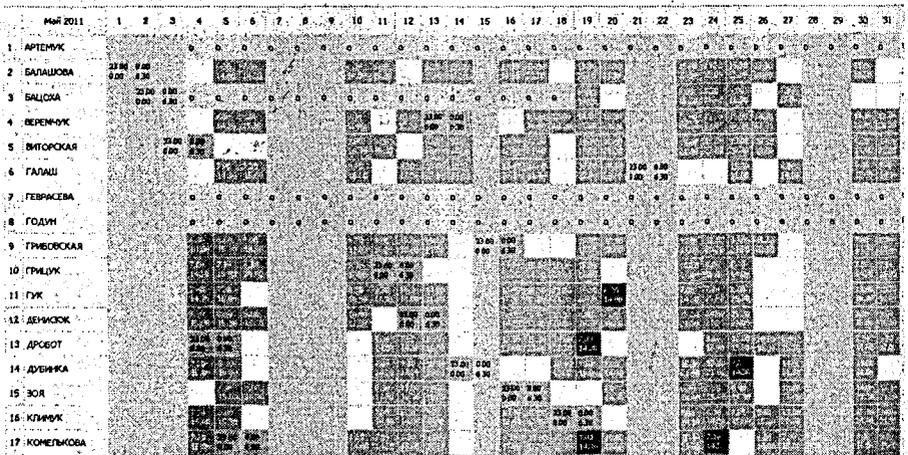


Рисунок 6 – Расстановка операторов по сменам

В данной статье были рассмотрены особенности календарного планирования работы операторов центра обслуживания вызовов справочной службы 109 Брестского филиала РУП «Белтелеком». Были рассмотрены методы решения задач теории расписаний для создания системы автоматического формирования расписания для операторов ЦОВ. Основная идея – создание интеллектуальной системы для автоматизации процесса формирования расписания.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Головкин, В.А. Нейроинтеллект: теория и применение. – Брест, 1999. – Книга 1. Организация и обучение нейронных сетей с прямыми и обратными связями.
2. Матвеев, В.Ф. Системы массового обслуживания / В.Ф. Матвеев, В.Г. Ушаков. – Москва, 1999.
3. Родионов, С.В. Проектирование оптимальных расписаний. – Москва, 2002.

# ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ОСИ ШПИНДЕЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

При формировании параметров точности обрабатываемой детали решающее значение имеет точность станка, каждый узел которого вносит свою погрешность при обработке. Наиболее ответственным узлом станка является шпиндельный узел (ШУ), всегда и непосредственно участвующий в процессе формообразования. На его долю приходится от 50 до 80% погрешностей в общем балансе точности станка [1]. Неконтролируемое смещение оси шпинделя приводит к ухудшению показателей геометрической точности детали, таких как отклонения формы, точность линейных размеров, отклонения расположения поверхностей, не оказывая при этом существенного воздействия на показатели точности микроуровня.

В процессе работы ШУ в первую очередь воспринимает энергетические нагрузки различной скорости и интенсивности, основные из которых приведены на рис. 1.

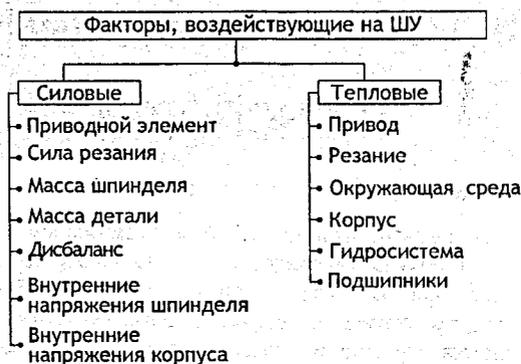
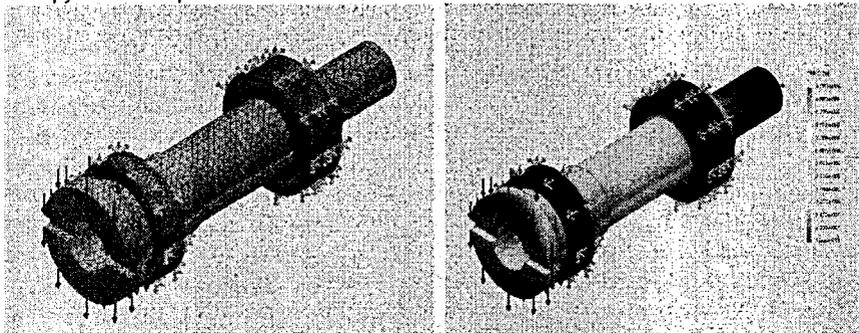


Рисунок 1 – Энергетические факторы, воздействующие на ШУ

За основу расчета при прогнозировании положения оси шпинделя взят один из силовых факторов – сила резания  $P$ , рассмотрение которой ведется в проекциях  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$ .

В приложении SolidWorks Simulation была построена математическая модель ШУ горизонтально-фрезерного станка Орша Ф32Ш. В качестве нагрузки была принята вертикальная составляющая силы резания  $P_z$ , приложенная к консоли шпинделя, интервал значений которой (1..6 кН) принят исходя из допустимых режимов обработки на станке. Жестко закрепленными являются наружные опоры подшипников, что исключает их перемещение. Расчет произведен методом конечных элементов, для чего на модель накладывается параметрическая сетка конечных элементов (рис. 2а). SW Simulation составляет уравнения, управляющие поведением каждого элемента и учитывающие его связи с другими элементами. Эти уравнения устанавливают взаимосвязь между перемещениями и известными свойствами материалов, закреплениями и нагрузками. Затем программа преобразует уравнения в систему алгебраических уравнений, решая которую

находятся перемещения каждого узла в требуемом направлении. По расчетным данным строятся эпюры перемещений по осям X, Y, Z и эпюра результирующего перемещения показанная на рисунке 1б. Для удобства восприятия градиентной эпюры необходимо преобразовать ее в числовую зависимость, используя значения перемещения в контрольных точках. В данном случае расположение контрольных точек выбрано по наружной круговой поверхности консоли.



а) конечно-элементная сетка с приложенными нагрузками и закреплениями  
б) эпюра результирующего перемещения

Рисунок 2 – Математическая модель ШУ

Наиболее важным (исходя из максимально достижимой точности) является смещение оси шпинделя в направлении оси Y, поскольку при фрезеровании на горизонтально-фрезерном станке составляющая силы резания в направлении оси Y является максимальной, а прогиб в этом направлении приводит к смещению оси инструмента относительно заготовки и как следствие ухудшению параметров точности обработанной детали [2].

График перемещения контрольных точек поверхности консоли приведен на рисунке 3.

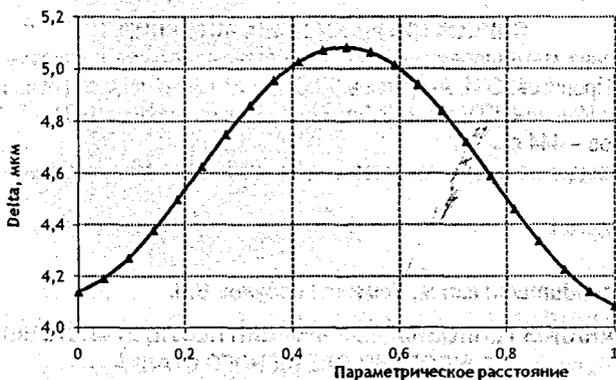


Рисунок 3 – Перемещение контрольных точек консоли шпинделя

По графику определены точки консоли с максимальным перемещением, по которым в дальнейшем ведется анализ поведения ШУ под воздействием внешней нагрузки. Прикладывая различные силы в исследуемом интервале, определена зависимость максимального перемещения оси от величины внешней нагрузки, которая приведена на рисунке 4. Зависимость имеет линейный характер, что очевидно, исходя из условия выполнения закона Гука, т.к. при работе станка в допустимых режимах на ШУ не воздействуют усилия, приводящие к пластическим деформациям элементов узла. Наклон графика зависит от жесткости ШУ и для каждого типа станка будет иметь свое значение, зависящее от конструкции станка.

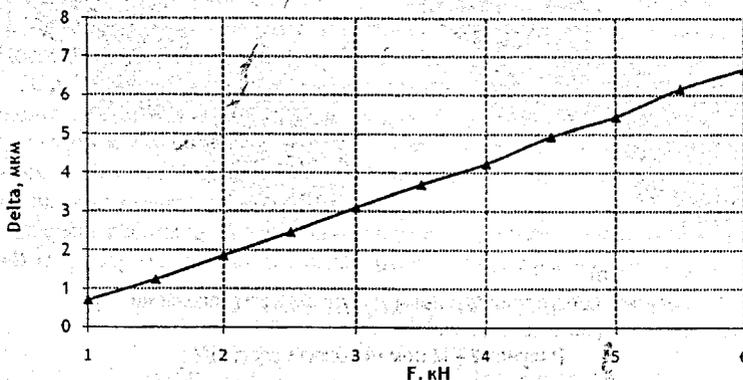


Рисунок 4 – Зависимость прогиба шпинделя от величины нагрузки

Для конкретного вида обработки известны режимы резания, а как следствие и сила резания, значение составляющих которой можно определить аналитически либо экспериментально. Полученные моделированием теоретические исследования позволяют по значению силы резания и полученным характеристикам смещения оси от внешней нагрузки спрогнозировать смещение шпинделя и установленного в нем инструмента и внести корректировку в максимально достижимую точность.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: справочник-учебник: в 3-х т. / А.С. Проников, О.И. Аверьянов, Ю.С. Аполлонов [и др.]; под общ. ред. А.С. Проникова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана: Машиностроение, 1994 – Т. 1. Проектирование станков – 444 с.
2. Пуш, А.В. Шпиндельные узлы: качество и надежность. – М.: Машиностроение, 1992. – 288 с.

УДК 621.9.06- 192:620.1

**Касьян Л.В.**

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Горбунов В.П.*

#### АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ КОНСОЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

Нагрев станка сопровождается температурными деформациями его деталей, изменением формы их поверхностей, нарушением точности взаимного положения узлов. Ис-

точники теплоты могут быть внешние (солнечные лучи, близко расположенное оборудование с мощными системами нагрева и охлаждения, воздушные потоки, фундамент станка) и внутренние (процесс резания, электродвигатели, гидроагрегаты, пары трения). Процесс переноса тепла осуществляется при помощи элементарных процессов: теплопроводности, конвекции и теплового излучения, которые трудно описать функционально и детерминировать.

Аналитический расчет температурных деформаций составляет определенную трудность, т.к. связан со сложными функциональными зависимостями процессов теплообмена и их четырехмерным направлением протекания (3 координаты пространства и время).

Использование метода конечных элементов на основе термоупругой модели для исследования тепловых деформаций станка при помощи ЭВМ позволяет упростить и ускорить процесс теплового расчета и анализа полученных выходных параметров [1].

Для оценки теплового воздействия методом конечных элементов в приложении SW Simulation была построена математическая модель горизонтально-фрезерного станка Орша Ф32Ш. В качестве тепловой нагрузки выбран процесс переноса тепла в результате теплопроводности из-за нагрева подшипников качения. Исходя из класса точности станка – Н, определен допустимый интервал исходных данных – максимальная избыточная температура в  $30^{\circ}$ , основание станка, контактирующее с фундаментом, принимается термokonстантным (рис. 1).

В результате температурного нагружения происходит деформация элементов станка, перемещение которых рассчитывается по трем координатам, а затем и суммарное перемещение. Для удобства восприятия градиентной эпюры необходимо преобразовать ее в числовую зависимость, используя значения перемещения в контрольных точках.

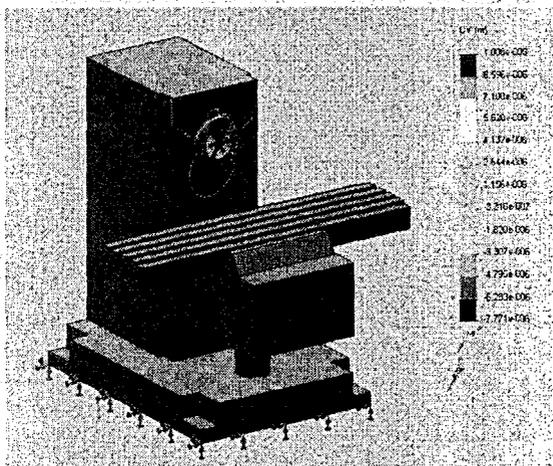


Рисунок 1 – Термоупругая модель станка с наложенной эпюрой перемещения

В данном случае расположение контрольных точек выбрано по внутренней круговой поверхности опорной части поверхности отверстия под подшипники шпинделя.

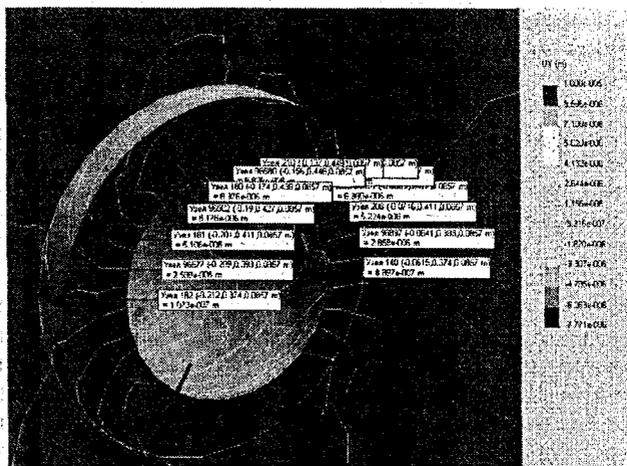


Рисунок 2 – Расположение контрольных точек на опорных поверхностях

Прикладывая избыточную температурную нагрузку в диапазоне от 0 до 30°C получим зависимости перемещения контрольных точек опорных поверхностей подшипников шпинделя. Наибольший интерес с точки зрения достижения максимальной точности представляет перемещение по осям X и Y, т.к. деформация опорных поверхностей в этих направлениях оказывает наибольшее влияние на получаемую геометрическую точность детали. Перемещение по оси Z компенсируется тепловым зазором в опорах и в достижении точности при фрезерной обработке существенного значения не имеет [2]. По результатам моделирования построены графики перемещения контрольных точек (рис. 3).

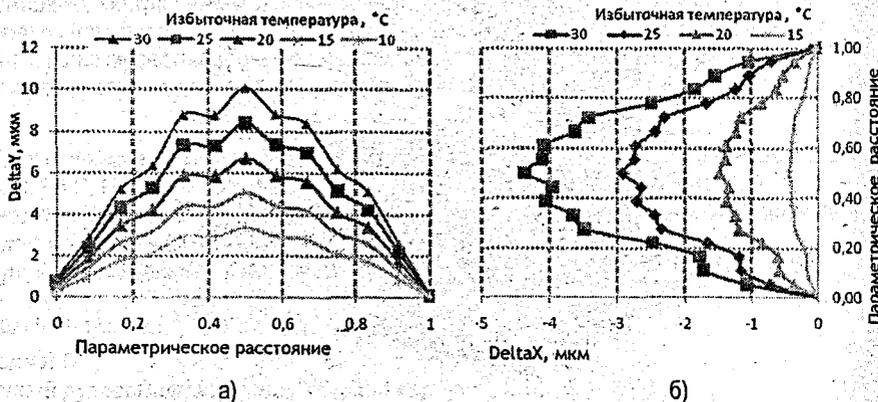


Рисунок 3 – Графики зависимостей перемещения по осям от избыточной температуры

По результатам моделирования можно сделать выводы о том, что избыточная температура в области шпиндельного узла приводит к деформации стойки, не затрагивая остальные узлы станка, которые можно исключить из моделирования, сохранив адекватность модели.

Полученные зависимости перемещений контрольных точек опорных поверхностей подшипников свидетельствуют о неравномерной деформации в направлении осей Y и X (температурные деформации в направлении оси Y ориентировочно в 2 раза больше, чем по оси X). Неравномерные деформации опорных поверхностей приведут к нарушению посадок опор подшипников шпиндельного узла, что выразится в возникновении прецессии шпинделя и, как следствие, к дополнительной погрешности в обработке.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Решетов, Д.Н. Точность металлорежущих станков / Д.Н. Решетов, В.Т. Портман – М.: Машиностроение, 1986. – 336 с.
2. Кочергин, А.И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование: учеб. пособие для вузов. – Мн.: Выш. шк., 1991. – 382 с.

УДК 681.5

*Козлович К.А.*

*Научный руководитель: доцент Прокопеня О.Н.*

### АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ НА ДИНАМИКУ САР С ОБЪЕКТАМИ ПЕРВОГО И ВТОРОГО ПОРЯДКА

Системы автоматического регулирования (САР) широко применяются в промышленности для управления технологическими параметрами процессов и установок. При этом многие реальные объекты могут быть представлены типовыми динамическими звеньями второго и даже – первого порядка. К таковым относятся, например, установки для тепловой обработки. В то же время датчики для измерения технологических параметров, как правило, обладают значительной инерционностью. В первую очередь это относится к датчикам температуры – термопарам и термометрам сопротивления. Постоянная времени этих датчиков зависит от конструктивного исполнения и может достигать нескольких минут [1].

В связи с этим становится актуальной задача оценки влияния инерционности датчика на свойства и качество работы САР. Решение данной задачи дает ответы на следующие вопросы:

- 1) в каких случаях можно пренебречь инерционностью датчика (считать его идеальным), а в каких она должна учитываться при расчете САР;
- 2) в какой степени изменение постоянной времени датчика (вследствие его замены или изменения условий расположения) может повлиять на качество работы САР при неизменной настройке регулятора;
- 3) как необходимо корректировать параметры регулятора при изменении постоянной времени датчика.

Ответы на данные вопросы имеют практическое значение, так как позволяют более эффективно использовать САР.

Для решения поставленной задачи был проведен анализ влияния на переходные характеристики САР с объектами первого и второго порядка постоянной времени датчика при использовании ПИД-регулятора. Анализ проводился путем математического моделирования в среде программирования MATLAB. Структурная схема САР с объектом первого порядка приведена на рисунке 1.

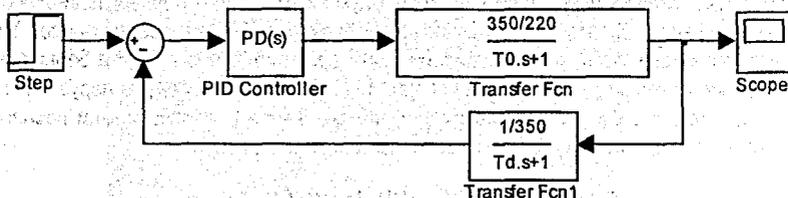


Рисунок 1 – Структурная схема САП

В приложении SIMULINK из функциональных блоков была построена аналогичная модель. С помощью данной модели исследовано влияние на переходные характеристики системы соотношения между постоянными времени объекта и датчика при использовании различных типов регуляторов.

Сначала были оценены возможности пропорционального регулятора. Для этого при различных значениях коэффициента усиления разомкнутого контура  $K$  подбиралось наибольшее возможное соотношение между постоянными времени датчика и объекта ( $T_d/T_o$ ), при котором перерегулирование не превышало 5%, что соответствует технически оптимальному переходному процессу. Результаты отражены графиком на рисунке 2.

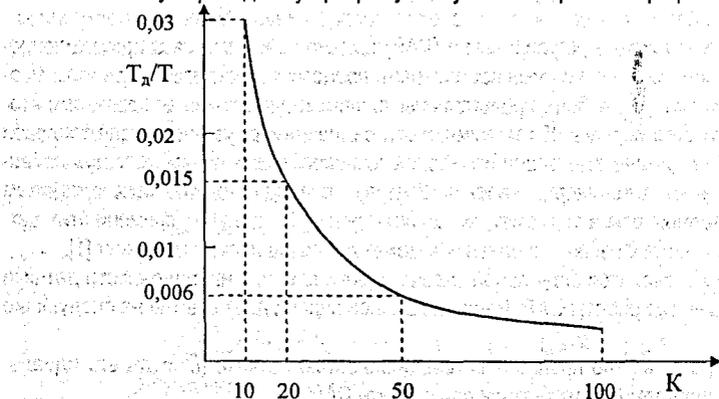


Рисунок 2 – Условия обеспечения технически оптимального переходного процесса при использовании пропорционального регулятора

Таким образом, обеспечить установившуюся ошибку  $\epsilon_{уст} \leq 2\%$  при указанном ограничении на перерегулирование можно лишь при условии  $T_d/T_o \leq 0,006$ , а  $\epsilon_{уст} \leq 5\%$  при  $T_d/T_o \leq 0,015$ . На практике не всегда можно подобрать датчик, для которого бы выполнялись указанные условия. В этом случае следует применять более сложные регуляторы: ПИД- или ПД-регулятор [2]. Анализ показал, что последний обеспечивает лучшее качество регулирования и является более предпочтительным в тех случаях, когда не требуется нулевая установившаяся ошибка.

В таблице 1 приведены показатели качества регулирования и соответствующие настройки ки ПД-регулятора. При этом во всех случаях для обеспечения  $\epsilon_{уст} \leq 2\%$  принято  $K=50$ .

Таблица 1 – Показатели качества в САР с ПД-регулятором и объектом первого порядка

$T_d/T_o=0,05$			$T_d/T_o=0,5$		
$K_d$	Перерегулирование, %	Время регулирования, с	$K_d$	Перерегулирование, %	Время регулирования, с
240	5	17	2700	5	80
250	3	18	2800	3	75
300	0	20	2900	1	8
350	0	30	3000	0	10
400	0	40	3250	0	75

Из приведенных результатов моделирования следует, что данный тип регулятора позволяет обеспечить технически оптимальный переходный процесс в широком диапазоне изменения  $T_d/T_o$ . Оптимальному значению коэффициента  $K_d$  соответствует близкое к нулю перерегулирование и в большинстве случаев – минимальное время регулирования. При увеличении  $K_d$  растет время регулирования при нулевом перерегулировании, а при уменьшении  $K_d$  возрастает перерегулирование (увеличивается колебательность процесса) и, как следствие, растет время регулирования.

Аналогичное исследование выполнено для объекта второго порядка в виде колебательного звена. Установлено, что при использовании пропорционального регулятора обеспечить низкое перерегулирование при требуемой статической точности можно только для объектов с высоким коэффициентом демпфирования  $\xi$ . Так, при  $\epsilon_{уст} \leq 2\%$  ( $K \geq 50$ ) перерегулирование не выше 5% обеспечивается лишь для  $\xi \geq 6$  и  $T_d/T_o \leq 0,08$ , а при  $\epsilon_{уст} \leq 5\%$  ( $K \geq 20$ ) – для  $\xi \geq 4$  и  $T_d/T_o \leq 0,11$ . Очевидно, что далеко не все объекты обладают таким демпфированием.

Анализ системы с ПД-регулятором показал, что данный регулятор способен обеспечить требуемое качество регулирования при более низком демпфировании объекта (исследовались значения до 0,2). В таблице 2 при фиксированных значениях  $K$  и  $\xi$  приведены значения  $K_d$  регулятора, обеспечивающие перерегулирование в пределах 5% для указанных соотношений  $T_d/T_o$ . Следует отметить, что при дальнейшем увеличении  $T_d/T_o$  можно обеспечить перерегулирование в указанных пределах, однако на переходной характеристике появляется медленно затухающая колебательная составляющая. Таким образом, процесс близкий к монотонному можно получить только при  $T_d/T_o \leq 0,1$ . Это необходимо учитывать при выборе датчика.

Таблица 2 – Оптимальные настройки ПД-регулятора в САР с объектом второго порядка

$K=50$				$K=20$			
$\xi=0,2$		$\xi=0,5$		$\xi=0,2$		$\xi=0,5$	
$T_d/T_o$	$K_d$	$T_d/T_o$	$K_d$	$T_d/T_o$	$K_d$	$T_d/T_o$	$K_d$
0,01	900	0,01	900	0,01	1300	0,01	1150
0,03	900	0,03	950	0,03	1350	0,03	1200
0,05	1000	0,05	1000	0,05	1400	0,05	1250
0,1	1500	0,1	1400	0,1	1750	0,1	1550

Анализ САР с ПИД-регулятором показал, что данный тип регулятора позволяет получить технически оптимальный переходный процесс в более узком диапазоне отношений  $T_d/T_o$  чем ПД-регулятор для объектов первого и второго порядка. При этом требуется более точная настройка регулятора, т. е. изменение его параметров относительно расчетных значений сильнее влияет на параметры переходного процесса чем для ПД-регулятора.

В целом полученные результаты говорят о значительном влиянии инерционных свойств датчика на динамику САР. Поэтому пренебрежение инерционными свойствами (представление датчика пропорциональным звеном) в ряде случаев может привести к существенным ошибкам при расчете регуляторов. Целесообразно при выборе датчика для известного объекта определить соотношение  $T_d/T_0$  и руководствоваться приведенными выше выводами и рекомендациями при выборе типа регулятора и расчете его параметров. Анализ системы методами математического моделирования позволяет в каждом конкретном случае найти оптимальные настройки регулятора и соответствующие значения показателей качества.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Левшина, Е.С. Электрические измерения физических величин: (Измерительные преобразователи): учеб. пособие для вузов / Е.С. Левшина, П.В. Новицкий – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 320 с.
2. Анхимюк, В.П. Теория автоматического управления / В.П. Анхимюк, О.Ф. Опейко, Н.Н. Михеев. – Минск: Дизайн ПРО, 2002. – 352 с.

УДК 621.91.002

*Ксенда И.В.*

*Научный руководитель: доцент Медведев О.А.*

### ПРОЕКТНЫЙ РАСЧЕТ УГЛОВЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Проектирование надежных и точных машин, эффективных техпроцессов сборки и механической обработки их комплектующих деталей невозможно без комплексного размерного анализа объектов проектирования на основе выявления и решения конструкторских и технологических размерных цепей. На основе проектных расчетов размерных цепей можно определить технически обоснованные требования к точности размеров комплектующих деталей, исходя из требуемой точности важных функциональных геометрических параметров машины, формирующихся при ее сборке, а также определить точность выполнения технологических размеров исходя из точности чертежных размеров детали при ее механической обработке.

Методика проектных расчетов линейных размерных цепей достаточно подробно разработана и описана в учебной и специальной технической литературе [2 и др.]. В то же время вопросом выявления и решения угловых размерных цепей уделяется неоправданно мало внимания, несмотря на ряд объективных факторов, определяющих их важность:

- в большинстве случаев требуемый уровень точности размеров, определяющих угловое положение поверхностей деталей сборочных единиц (отклонение от перпендикулярности, параллельности, наклона поверхностей, торцевого биения и др.) значительно выше уровня точности линейных размеров, связывающих указанные поверхности. В соответствии с ГОСТ 24643-81, допуски формы и расположения не должны превышать определенной доли допуска соответствующего линейного размера (от 25 до 60%);
- для достижения высокой точности угловых замыкающих размеров при сборке, технически затруднительно использовать методы пригонки, регулирования, селективной сборки. Эта точность обычно достигается методами полной и неполной взаимозаменяемости, что предполагает достаточную высокую точность получения угловых размеров при изготовлении деталей;

- точность углового положения поверхностей деталей при механической обработке также обеспечивается методами полной и неполной взаимозаменяемости и зависит от точности угловых положений элементов станков, приспособлений, инструментов, так как на большинстве металлорежущих станков отсутствуют механизмы точной регулировки угловых положений рабочих органов.

Таким образом, во многих случаях проектные расчеты угловых размерных цепей имеют приоритетное значение для обеспечения точности сборки машин и изготовления деталей.

Несмотря на то, что основные положения теории линейных размерных цепей приемлемы и для угловых размерных цепей, расчеты последних не находят широкого применения в практике проектирования машин и техпроцессов. Это объясняется трудностями выявления, восприятия и изображения схем угловых размерных цепей, своеобразием построения системы допусков угловых размеров и отсутствием методики проектных расчетов, пригодных для практики.

Основой проектного расчета любой размерной цепи является способ распределения допуска замыкающего звена на составляющие звенья. По аналогии с линейными размерными цепями для угловых цепей целесообразно использовать способ равноточных допусков, то есть допуски всех составляющих звеньев принимать по одной степени точности. Используемые на практике способ подбора составляющих допусков и способ равных допусков имеют существенные недостатки. Бессистемный подбор допусков углов требует больших затрат времени. Принимая равные допуски на угловые размеры при разной длине границ углов, можно назначить на углы с длинными сторонами технически и экономически неприемлемый уровень точности. Более рационально допуск на составляющий угловой размер определять с учетом длин его границ, так же как допуски на составляющие звенья линейных цепей определяют с учетом их номиналов, ограничивая разнообразие допусков одним квалитетом.

Метод равноточных допусков может быть реализован для угловых размерных цепей при условии, что правила построения стандартной системы угловых допусков позволяют получить выражение для расчета номера степени точности (одинаковой для всех составляющих звеньев) в зависимости от допуска замыкающего звена, длин границ углов и параметров системы допусков.

Несмотря на то, что система допусков параллельности, перпендикулярности, наклона, торцевого биения и система допусков углов регламентируется разными стандартами (ГОСТ 24643-81 и ГОСТ 8908-81 соответственно), они построены по единым принципам, имеют одинаковые интервалы длин, набор степеней точности и значений допусков (при выражении допусков углов в линейных единицах в виде катета). Это позволяет использовать метод равноточных допусков для решения размерных цепей, имеющих в качестве составляющих звеньев как углы, так и отклонения от перпендикулярности, параллельности, торцевого биения и наклона.

Выражение для расчета номера степени точности разработано на основе принципов построения указанных систем допусков.

Значение указанных допусков изменяются в пределах одной степени точности, в зависимости от значения длины меньшей стороны угла по ряду предпочтительных чисел  $Ra_{10}$  с коэффициентом геометрической прогрессии  $\lambda = \sqrt[10]{10} \approx 1,25$ . В пределах одного интервала длин допуски изменяются в зависимости от степени точности по ряду предпочтительных чисел  $Ra_5$  с коэффициентом геометрической прогрессии  $\varphi = \sqrt[5]{10} \approx 1,6$ . [1, 2].

С учетом указанных принципов построения системы допусков любое значение стандартного допуска можно выразить формулой:

$$AT_i = AT_1 \cdot \phi^{n-1} \cdot \lambda^{m-1}, \quad (1)$$

где  $AT_1 = 0,4$  мкм – исходный минимальный допуск для первой степени точности и первого интервала длин;

$n$  – номер степени точности допуска;

$m$  – номер интервала минимальной длины стороны нормируемого угла.

В то же время границы интервалов длин в системе допусков сами являются членами геометрической прогрессии с коэффициентом  $\varepsilon = \sqrt[3]{10} \approx 1,6$  в зависимости от номера интервала [1]. Тогда верхняя граница любого интервала длин может быть определена по формуле:

$$L_i = L_1 \cdot \varepsilon^{m-1}, \quad (2)$$

где  $L_1$  – верхняя граница первого интервала длин.

После логарифмирования уравнения (2) найдем выражение для  $m-1$

$$\ln L_i = \ln L_1 + (m-1) \cdot \ln \varepsilon;$$

$$m-1 = \frac{\ln L_i}{\ln \varepsilon} - \frac{\ln L_1}{\ln \varepsilon}.$$

Тогда

$$AT = AT_1 \cdot \phi^{n-1} \cdot \lambda^{\frac{\ln L_i}{\ln \varepsilon}} \cdot \left( \lambda^{\frac{1}{\ln \varepsilon}} \right)^{\ln L_1} \quad (3)$$

При полной взаимозаменяемости составляющих звеньев сумма угловых допусков составляющих звеньев, приведенных к одинаковой базовой длине, должна быть равна угловому допуску замыкающего звена, приведенному к той же базовой длине.

Для упрощения последующих выражений принимаем значение базовой длины 1 мм и приведенные значения допусков получим разделив их на длину малой стороны соответствующего угла.

При этом соотношение приведенных допусков составляющих звеньев и замыкающего звена запишется следующим образом:

$$\frac{AT_{\Delta}}{L_{\Delta}} = \sum_{i=1}^k \frac{AT_i}{L_i} = \sum_{i=1}^k \frac{AT_1 \cdot \phi^{n-1} \cdot \lambda^{\frac{\ln L_i}{\ln \varepsilon}} \cdot \left( \lambda^{\frac{1}{\ln \varepsilon}} \right)^{\ln L_1}}{L_i}, \quad (4)$$

где  $AT_{\Delta}$  – заданный допуск замыкающего звена, мкм;

$L_{\Delta}$  – меньшая сторона замыкающего звена, мм;

$i$  – номер составляющего углового звена;

$k$  – число составляющих звеньев;

$L_i$  – верхняя граница интервала длин, в который попадает меньшая сторона  $i$ -го звена, мм.

При условии, что  $n$ , одинаково для всех составляющих звеньев, первые три сомножителя выносим за знак суммы и после алгебраических преобразований и логарифмирования получим уравнение для определения номера степени точности составляющих звеньев

$$\frac{AT_{\Delta}}{L_{\Delta}} = AT_1 \cdot \varphi^{n-1} \cdot \lambda^{\frac{\ln L_1}{\ln \varepsilon}} \cdot \sum_{i=1}^k \frac{(\lambda^{\frac{1}{\ln \varepsilon}})^{\ln L_i}}{L_i};$$

$$\varphi^{n-1} = \frac{AT_{\Delta}}{L_{\Delta} \cdot AT_1 \cdot \lambda^{\frac{\ln L_1}{\ln \varepsilon}} \cdot \sum_{i=1}^k \frac{(\lambda^{\frac{1}{\ln \varepsilon}})^{\ln L_i}}{L_i}};$$

$$n = \frac{1}{\ln \varphi} \cdot \left( \ln \frac{AT_{\Delta}}{L_{\Delta} \cdot AT_1 \cdot \lambda^{\frac{\ln L_1}{\ln \varepsilon}} \cdot \sum_{i=1}^k \frac{(\lambda^{\frac{1}{\ln \varepsilon}})^{\ln L_i}}{L_i}} \right) + 1. \quad (5)$$

С учетом численных значений постоянных параметров ( $\varphi \approx 1,25$ ;  $AT_1 = 0,4$  мкм;  $\lambda = 1,25$ ;  $L_1 = 10$  мм;  $\varepsilon \approx 1,6$ ) получаем окончательное уравнение для определения номера степени точности.

$$n = 2,18 \cdot \left( \ln \frac{7,46 \cdot AT_{\Delta}}{L_{\Delta}} - \ln \sum_{i=1}^k \frac{1,6^{\ln L_i}}{L_i} \right) + 1. \quad (6)$$

В случае если допуск замыкающего звена задан в угловой мере  $AT_{\alpha\Delta}$ , формула (6) может использоваться в следующем виде:

$$n = 2,18 \cdot \left( \ln(7460 \cdot tg AT_{\alpha\Delta}) - \ln \sum_{i=1}^k \frac{1,6^{\ln L_i}}{L_i} \right) + 1. \quad (7)$$

При наличии в размерной цепи угловых звеньев, принадлежащих стандартным деталям, или звеньев, допуски которых определены из расчета других размерных цепей, расчет номера степени точности следует вести по остаточной величине допуска замыкающего звена  $AT'_{\Delta}$  или  $AT'_{\alpha\Delta}$ .

$$\frac{AT'_{\Delta}}{L_{\Delta}} = \frac{AT_{\Delta}}{L_{\Delta}} - \sum_{j=1}^p \frac{AT_j}{L_j}, \quad (8)$$

или

$$tg AT'_{\alpha\Delta} = tg AT_{\alpha\Delta} - \sum_{j=1}^p tg AT_{\alpha j}, \quad (9)$$

где  $p$  — число известных звеньев;

$j$  — номер известного звена.

Найденное значение номера степени точности округляют до ближайшего меньшего целого значения и по нему назначают допуск на составляющие угловые звенья по таблицам допусков углов (по ГОСТ 8908-81) или допусков перпендикулярности, параллельности, торцевого биения и наклона (по ГОСТ 24643-81).

Сумма назначенных приведенных допусков не должна превышать приведенного допуска замыкающего звена.

Выражения, полученные для расчета номера степени точности, имеют достаточно компактный вид и вполне пригодны для практических расчетов. Они прошли апробацию при выполнении практических работ и курсовых проектов по дисциплине «Технология машиностроения».

## СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: справочник: в 2 т. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 220 с.
2. Точность и производственный контроль в машиностроении: справочник / Под общ. ред. А.К. Кутая. – М: Машиностроение, 1983. – 367 с.

УДК 621.9.025.7

**Левданский И.А.**

*Научный руководитель: Левданский А.М.*

### ОБРАБОТКА РЕЗЦОМ С МЕХАНИЧЕСКИМ КРЕПЛЕНИЕМ СИНТЕТИЧЕСКОГО АЛМАЗА АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВО-КРЕМНИЕВЫХ СПЛАВОВ

В рамках студенческого клуба «Механик» была разработана конструкция резца с механическим креплением синтетического алмаза [1]. Это монокристаллы технического назначения, полученные по технологии НРПТ (в переводе: высокое давление, высокая температура). Алмазы вырастают при температуре порядка 20000С и при давлении 50 000 атмосфер в установке «БАРС». Технические алмазы могут иметь вкрапления в виде графита, никеля, железа. Пластинки, использовавшиеся в экспериментах, имели размеры 4\*4\*1 с фасками и были получены путем распилки медными напыленными дисками монокристаллов (с кубической решеткой в плоскости распилки) с последующим их шлифованием. Данные алмазы отвечают требованиям, предъявляемым к режущим материалам для лезвийной обработки. Производителем алмаза является отечественная фирма «Adamas BSU» из Минска [2].

Изготовленную ранее конструкцию сборного резца со вставками из искусственных алмазов опробовали на работоспособность. Испытания проводились в мастерских нашего университета. В качестве оборудования использовался румынский токарно-винторезный станок нормальной точности SN 501. Эксперименты проводились на алюминиевом сплаве системы Al-Mg-Si марки АК9ч в диапазоне скоростей главного движения от 100 до 400 м/мин, а также при минимальной подаче и глубине резания возможных на данном оборудовании, а именно S=0,05 мм/об и t=0,05 мм соответственно. Полученные образцы были исследованы на качество, так как область применения алмазного инструмента – финишная обработка вместо чистового шлифования. На полученной после обработки поверхности производили замеры шероховатости с помощью прибора TR-200. Портативный измеритель шероховатости TR200 был разработан компанией TimeGroupInc. и предназначен для точных работ в условиях производства для измерения шероховатости поверхности различных машиностроительных деталей.

Весь эксперимент был разделен на несколько опытов, каждый из которых проводился при определенных условиях. В первом опыте проводили сравнение качества шероховатости поверхности, полученное при обработке образца на одинаковых режимах резания, но различными материалами режущей части резца. Результаты измерения шероховатости поверхности при одинаковой частоте вращения (n=400 мин<sup>-1</sup>) показаны в таблице 1.

**Таблица 1 – Параметры полученной шероховатости**

Материал режущей части резца	Ra, $\mu\text{m}$	Rq, $\mu\text{m}$	Rz, $\mu\text{m}$	Rt, $\mu\text{m}$	Rp, $\mu\text{m}$	Rv, $\mu\text{m}$	RS, mm	RSm, mm	Rsk
Твердый сплав	2.018	2.622	12.27	19.50	5.227	7.052	0.1000	0.1600	-0.430
Алмаз	1.144	1.406	5.784	7.559	3.095	2.687	0.0520	0.0595	0.144
Гексанит	1.782	2.119	8.375	10.03	3.907	4.467	0.0480	0.1136	-0.266

Из результатов опыта следует, что при обработке алмазным резцом при одинаковых режимах резания достигается наилучшая шероховатость поверхности, это связано с тем, что:

- шероховатость режущих кромок алмазных резцов весьма мала  $Rz=0,2...0,1$  мкм;
- алмазные резцы обладают способностью сохранять режущие кромки в течение длительного времени (до 250 часов машинного времени) острыми и неповрежденными;
- твердость алмазных резцов превышает твердость минералокерамических и твердосплавных резцов в 5 раз, износостойкость во много раз выше твердосплавных.

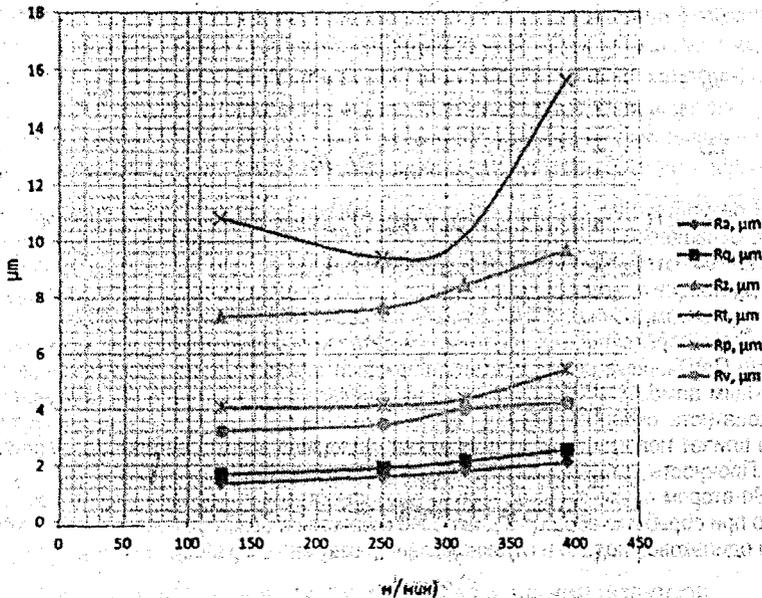


Рисунок 1 – График изменения параметров в зависимости от скорости резания при обработке алюминиевого сплава

Наиболее важной характеристикой шероховатости является относительная опорная кривая профиля  $t_p$ , которая содержит наибольшую информацию о форме неровностей поверхности и позволяет судить о фактической площади контакта при взаимодействии шероховатых поверхностей на заданном уровне сечения  $p$ . Поверхности с одинаковой высотой микронеровностей, но полученные разными технологическими методами, могут иметь разные эксплуатационные свойства, отличаясь по параметрам их опорных кривых. Результаты анализа данных, представленных на рисунке 4, показывают, что относительные опорные кривые профилей поверхностей, полученных при обработке инструментом, оснащенным гексанитом, существенно не отличаются от таковой, полученной при использовании резца с кристаллом алмаза. Существенно выделяется относительная опорная кривая профиля поверхности после точения инструментом, оснащенным твердым сплавом.

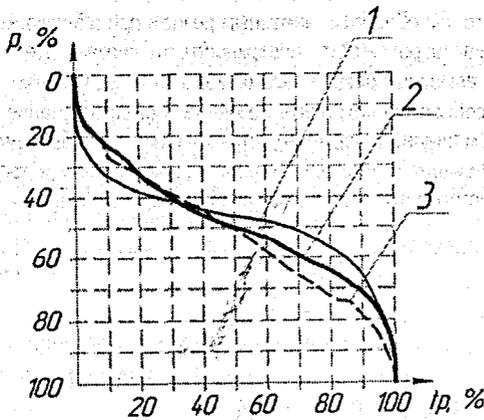


Рисунок 2 – Опорные кривые профилей неровностей обработанных поверхностей: 1 – резец с пластиной из твердого сплава; 2 – резец с пластиной из алмаза; 3 – резец с пластиной из гексанида

В результате исследований приходим к выводу, что обработка точением инструментом, оснащенным алмазом и гексанидом, позволяет получить поверхности не только с низкой высотой микронеровностей, но и обеспечить сравнительно большую опорную длину профиля, которая сопоставима, а иногда и превышает полученную при точении инструментом, оснащенным твердым сплавом. Применение инструмента, оснащенного алмазом, перспективно для получения деталей с высокими эксплуатационными свойствами. Полученные результаты подтверждают эффективность применения резцов оснащенным алмазом при чистовом точении деталей из алюминиевых сплавов. Малая шероховатость очень важна для деталей машиностроительной промышленности, так как она влияет непосредственно на эксплуатационные характеристики и срок службы детали. Прочность деталей также зависит от шероховатости поверхности.

Во втором опыте проводили сравнение качества шероховатости поверхности, полученного при обработке образца в диапазоне скоростей главного движения от 100 до 400 м/мин, при одинаковой подаче и глубине резания, озвученных ранее.

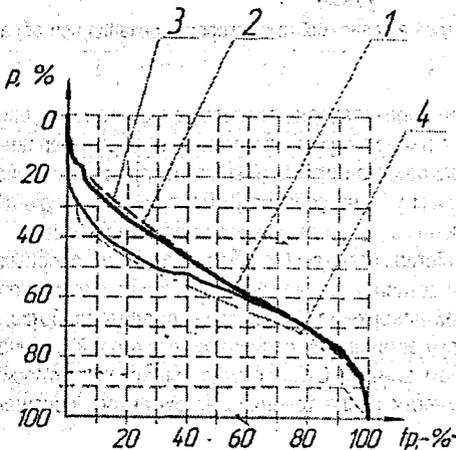


Рисунок 3 – Опорные кривые профилей неровностей обработанных поверхностей резцом с пластиной из алмаза со скоростями резания: 1 – 126 м/мин; 2 – 251 м/мин; 3 – 314 м/мин; 4 – 393 м/мин

Из результатов опытов видно, что при изменении скорости резания шероховатость поверхности изменяется незначительно, это объясняется тем, что даже при наличии нароста скорость резания не влияет на механизм образования микронеровностей. Этот вывод имеет большое практическое значение, так как, чтобы получить малую шероховатость поверхности, нет необходимости применять высокие частоты вращения и соответственно придавать шпинделю специализированных алмазных станков очень большие числа оборотов, что связано со значительным усложнением конструкции станка.

В результате исследований приходим к выводу, что обработка точением при скоростях резания, равных  $v=251$  м/мин и  $v=314$  м/мин, позволяет получить поверхности не только с низкой высотой микронеровностей, но и обеспечить сравнительно большую опорную длину профиля, которая сопоставима, а иногда и превышает полученную при точении на скоростях  $v=126$  м/мин и  $v=393$  м/мин. Применение скоростей резания, равных  $v=251$  м/мин и  $v=314$  м/мин, перспективно для получения деталей с высокими эксплуатационными свойствами. Таким образом, скорость резания при алмазной обработке должна быть выбрана такой, которая обеспечивала бы должный уровень производительности процесса обработки и простоту конструкции шпинделя станка, обеспечивающей минимальную вибрацию системы.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Левданский, А.М. Модернизация резца с механическим креплением вставок из сверхтвердых материалов / А.М. Левданский, И.А. Левданский // Вестник БрГТУ. – 2010. – № 4(144): Машиностроение – С. 40.
2. Сайт <http://www.adamas.by/>

УДК 681.5

*Пахмурный С.В., Зиновик М.С.*

*Научный руководитель: доцент Прокопеня О.Н.*

#### СИНТЕЗ ПРИВОДА РОБОТА МЕТОДОМ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛЮСОВ

Данный метод обладает несомненными преимуществами по сравнению с частотными методами в плане обеспечения желаемого качества переходных процессов в системе [1]. Метод основан на использовании математической модели системы в уравнениях состояния. При построении привода на основе двигателя постоянного тока в качестве переменных состояния могут быть приняты угол поворота, угловая скорость и ток якоря двигателя. Все указанные переменные легко поддаются измерению, что создает благоприятные условия для практической реализации привода. Недостатком метода является его высокая чувствительность к изменению параметров системы и точности используемой математической модели.

Обязательным требованием, которое предъявляется к приводам роботов и других манипуляционных механизмов, является отработка заданного перемещения без перерегулирования. При этом следует иметь в виду, что момент инерции, приведенный к валу двигателя, может существенно изменяться в процессе работы в зависимости от поло-

жения звеньев и массы манипулируемых объектов. Это не должно заметно отражаться на характере движения.

Таким образом, задача состоит в том, чтобы оценить возможность построения данным методом привода, который бы обеспечивал заданные показатели качества (в первую очередь движение без перерегулирования) при широком диапазоне изменения момента инерции. Анализ выполнен с использованием среды программирования MATLAB для привода на основе двигателя постоянного тока 2ПБ90М. Паспортные данные двигателя приведены в [2].

Привод рассматривается как система автоматического регулирования угла поворота, синтезированная методом размещения полюсов, с обратными связями по углу поворота выходного звена, а также угловой скорости и току двигателя. Модель системы, построенная в приложении SIMULINK, приведена на рис. 1. Сначала, исходя из номинальной скорости двигателя и желаемого времени отработки максимального перемещения, приблизительно оценено требуемое передаточное отношение редуктора. Оно принято равным 154. Система должна обрабатывать заданное угловое перемещение  $180^\circ$  без перерегулирования. При этом ток и угловая скорость двигателя не должны превышать допустимых значений.

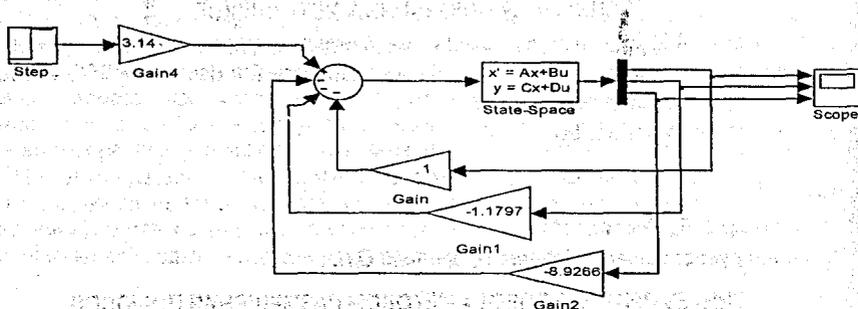


Рисунок 1 – Модель привода, синтезированного методом размещения полюсов

При назначении желаемых значений полюсов учитывалось следующее:  
монотонный переходный процесс обеспечивается при действительных полюсах;  
увеличение полюсов по модулю снижает время переходного процесса.

Для принятых значений полюсов рассчитывались коэффициенты передачи цепей обратной связи и с помощью модели строились переходные характеристики. Затем на основе анализа характеристик производилась коррекция полюсов. В результате удалось подобрать такое расположение полюсов системы, при котором время регулирования минимально, а угловая скорость и ток двигателя не выходят за допустимые пределы. Соответствующие кривые изменения тока  $i$ , угловой скорости  $\omega$  и угла поворота  $\alpha$  приведены на рисунке 2.

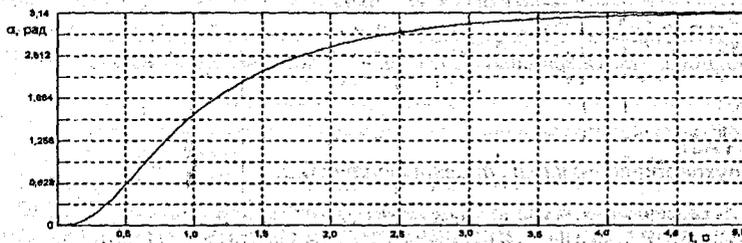
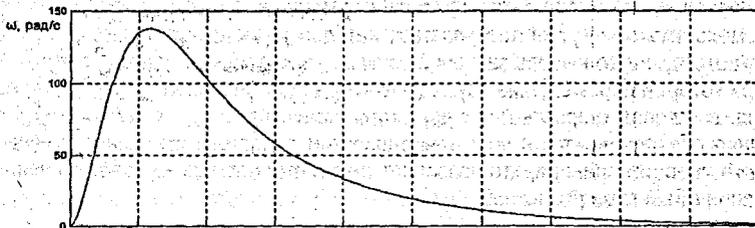
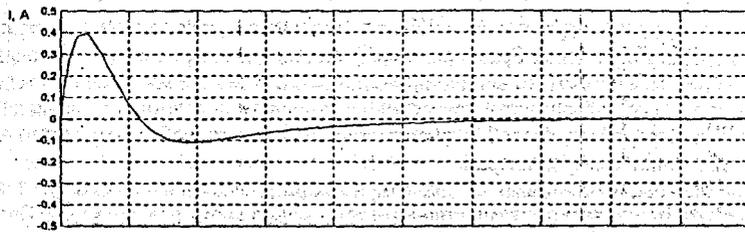


Рисунок 2 – Переходные характеристики привода

Далее для полученной настройки привода выполнен анализ влияния момента инерции на показатели качества переходных процессов. Изменение приведенного к валу двигателя момента инерции производилось ступенчато (до десятикратного увеличения). Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Приведенный момент инерции	Время регулирования, с	Перерегулирование, %	Максимальная угловая скорость, рад/с	Максимальный ток, А
$J_{дв}$	5,0	0	138	0,4
$2J_{дв}$	5,1	0	137	0,42
$4J_{дв}$	5,3	0	142	0,45
$6J_{дв}$	5,8	0	145	0,48
$8J_{дв}$	6,6	0	142	0,51
$10J_{дв}$	6,8	0	140	0,52

Таким образом, во всем диапазоне изменения момента инерции движение осуществляется без перерегулирования. Время регулирования несколько увеличивается, однако такое увеличение можно считать вполне приемлемым. Максимальная угловая скорость и ток двигателя также возрастают в допустимых пределах. Следовательно, привод при фиксированных настройках способен обеспечить нормальную работу в достаточном диапазоне изменения момента инерции.

Варьирование коэффициентами передачи цепей обратной связи в пределах 5% также показало, что это не отражается существенным образом на характере движения. Поэтому погрешность измерения переменных и нестабильность параметров цепей передачи сигнала не должна существенно влиять на работу привода.

Из всего изложенного следует, что приводы перемещения роботов и других манипуляционных механизмов могут синтезироваться методом размещения полюсов. При этом за счет соответствующего выбора значений полюсов можно обеспечить такую настройку привода, при которой перемещение осуществляется за минимальное время без перерегулирования, а угловая скорость и ток двигателя изменяются в допустимых пределах. Все указанное обеспечивается в достаточно широком диапазоне изменения приведенного момента инерции привода, что позволяет механизму нормально работать при манипулировании объектами различной массы.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анхимюк, В.П. Теория автоматического управления / В.П. Анхимюк, О.Ф. Опейко, Н.Н. Михеев. – Минск: Дизайн ПРО, 2002. – 352 с.
2. Копылов, И.П. Справочник по электрическим машинам: в 2 т. / Под общ. ред. И.П. Копылова, Б.К. Клокова. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – Т. 1: Машины постоянного тока. – 527 с.

УДК 629.113

*Стаскевич А.И.*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Монтик С.В.*

#### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ЗОНЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

При проектировании автотранспортных предприятий, а также организации технического обслуживания автомобилей на существующих предприятиях возникает задача оптимизировать работу зоны технического обслуживания автомобилей, т.е. определить оптимальное число постов технического обслуживания автомобилей.

При этом нужно учитывать, что по мере роста показателей, влияющих на пропускную способность средств обслуживания (число постов, исполнителей, оснащение технологическим оборудованием и инструментом), затраты, связанные с простоем автомобилей в ожидании обслуживания, сокращаются, а затраты, вызванные простоем средств обслуживания и персонала в ожидании загрузки, возрастают. Минимальное значение суммы этих затрат, являющейся целевой функцией, и будет соответствовать оптимальной структуре обслуживания (например, число постов, исполнителей), при которой минимизируются потери предприятия, связанные с простоем средств обслуживания, ожиданием объектов обслуживания.

Для определения оптимального количества постов зоны технического обслуживания используются системы массового обслуживания, в которых случайными являются моменты поступления требований на обслуживание и продолжительность самих обслуживаний.

При этом возникает задача выбрать вид СМО, которая наиболее точно описывает работу зоны технического обслуживания (ТО).

В данной статье выполнен сравнительный анализ методик моделирования зоны ТО-1 автотранспортного предприятия (АТП) с использованием систем массового обслуживания с ограничением очереди и без ограничения на длину очереди.

Первоначально создавалась математическая модель зоны ТО-1 с использованием СМО с ограничением на длину очереди и выполнялся расчёт её параметров. Основными элементами СМО при моделировании зоны ТО-1 являются следующие элементы.

Входящий поток образуется автомобилями, требующими технического обслуживания ТО-1, и характеризуется интенсивностью поступления требований обслуживания  $\omega$ , час<sup>-1</sup>.

Обслуживающими аппаратами являются посты ТО-1, которые характеризуются количеством постов  $n$  и интенсивностью обслуживания  $\mu$ , час<sup>-1</sup>.

Очередь образуется автомобилями, требующими технического обслуживания, если все посты ТО-1 заняты и характеризуется длиной очереди  $l$ .

Выходящий поток образуется автомобилями, которые прошли техническое обслуживание (обслуженные требования), и автомобилями, которые из-за ограничений на длину очереди (ограниченное количество постов ожидания перед ТО) не прошли ТО и продолжили выполнять транспортную работу (не обслуженные требования).

При моделировании зоны ТО с помощью СМО будем рассматривать её как одноканальную СМО с ограничением на длину. Для учёта использования более одного поста ТО будем определять общую интенсивность обслуживания  $\mu_{СИСТ}$  для нескольких постов:

$$\mu_{СИСТ} = \mu \cdot n,$$

где  $\mu$  – интенсивность обслуживания для одного поста,  $n$  – количество постов.

Также выполнялось моделирование зоны ТО-1 с помощью многоканальной СМО без ограничения на длину очереди.

Расчет параметров СМО выполнялся по методике, изложенной в [1, 2].

Выполняем оптимизацию зоны ТО-1 по критерию минимальных суммарных затрат на содержание производственного подразделения и потери прибыли от простоя автомобиля в ожидании технического обслуживания, приходящееся на одно техническое воздействие. Суммарные затраты  $C_{\Sigma i}$  для  $i$ -го варианта зоны ТО-1 определяются:

$$C_{\Sigma i} = \frac{1}{12 \cdot N_{ОБСЛ}} \cdot (C_{ПРi} + C_{ЭКi} + E_H + K_{Вi}),$$

где  $N_{ОБСЛ}$  – количество обслуживаний за время моделирования,  $C_{ПРi}$  – затраты из-за простоя автомобиля в очереди на выполнение ТО-1,  $C_{ЭКi}$  – затраты на содержание зоны ТО-1,  $E_H$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, принимаем  $E_H = 0,12$ ;  $K_{Вi}$  – капитальные вложения в создание зоны ТО-1.

После выполнения моделирования и расчета параметров данных СМО был выполнен их сравнительный анализ.

При моделировании зоны ТО-1 с помощью СМО без ограничений на длину очереди было установлено, что:

- для случая, когда приведенная плотность потока требований  $\rho > 1$  (т.е. число постов  $n=1$ , а необходимо число постов  $n > 1$ ) моделирование и расчёт по модели не возможны, т.к. очередь будет до бесконечности;

- для случая, когда  $\rho < 1$  (т.е.  $n \geq 2$ ) время ожидания в очереди  $t_{ож}$  оказывается меньшим количеством обслуживаний за время моделирования  $N_{обсл}$  и меньшим, чем для СМО с ограничением на длину очереди;
- суммарные затраты на 1 обслуживание при  $n=2$  ниже, а при  $n=3,4$  выше, чем для СМО с ограничением очереди.

При моделировании с помощью СМО с ограничением на длину очереди было определено (см. рис. 1, 2, 3, 4):

с увеличением стоимости простоя 1 часа автомобиля суммарные затраты на 1 обслуживание возрастают, но характер зависимости сохраняется;

с изменением количества постов ожидания для количества постов  $n=2,3,4$  характер зависимости затрат на обслуживание от количества постов ТО-1 не изменяется, т.е. затраты минимальны при  $n=2$ . Для варианта зоны ТО-1 с одним постом ожидания ( $m=1$ ) минимальные затраты на обслуживание будут при одном посту ТО-1 (т.е. для  $n=1$ ).

Независимо от вида СМО с увеличением количества постов ТО затраты возрастают, начиная с  $n=2$ . Для СМО без ограничения на длину очереди расчёт затрат для  $n=1$  не возможен, т.к.  $\rho > 1$  и очередь возрастает до бесконечности.

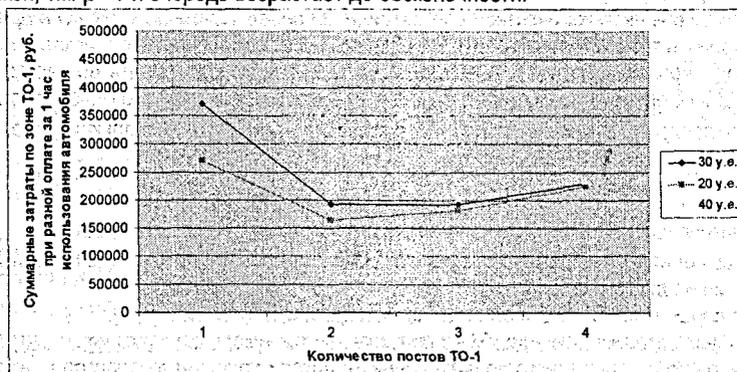


Рисунок 1 – Суммарные затраты по зоне ТО-1, руб. при разном числе постов ТО-1

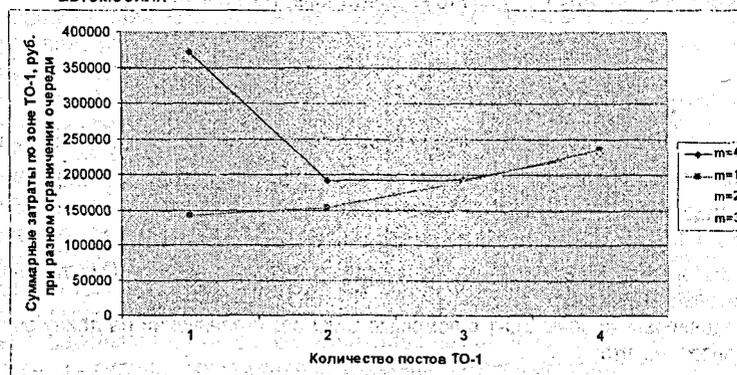


Рисунок 2 – Суммарные затраты по зоне ТО-1, руб. при разном ограничении очереди

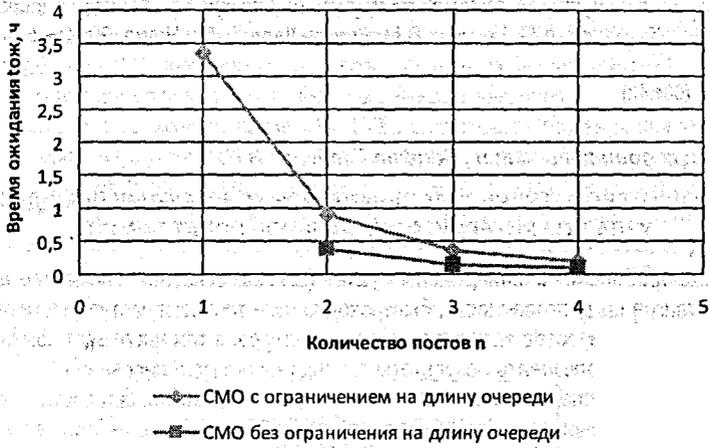


Рисунок 3 – Зависимость времени ожидания  $t_{ож}$  в очереди от количества постов



Рисунок 4 – Зависимость количества обслуживаний за время моделирования от количества постов

Исходя из результатов моделирования и анализа производственного процесса ТО и ТР автомобилей на АТП, для моделирования зоны ТО целесообразно использовать СМО с ограничением очереди. При этом длина очереди ограничивается количеством постов ожидания перед постами ТО, количество которых рекомендуется принимать в пределах 20% от количества постов ТО. Использование СМО без ограничения на длину очереди для моделирования зоны ТО не целесообразно, т.к. не соответствует производственному процессу ТО и ТР автомобилей.

#### 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 доп. / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов [и др.] – М.: Наука, 2004. – 535 с.

УДК 621.9.06 (084.42)

*Хэ Цзинь*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Горбунов В.П.*

## ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИИ ШПИНДЕЛЬНОГО УЗЛА ПО КРИТЕРИЮ МИНИМАЛЬНОЙ ПОДАТЛИВОСТИ

Основные требования к шпиндельным узлам (ШУ) как основным элементам металло-режущих станков по долговечности, быстроходности и точности растут. Достижение высоких показателей качества зависит от многих факторов, в том числе и от возможностей проектировщика использовать результаты компьютерного моделирования.

При расчетных исследованиях статических и динамических характеристик шпиндельного узла применяемый метод решения поставленной задачи должен учитывать степень сложности решения; гибкость метода, т.е. возможность быстрого перехода от конструкции одного объекта к другому; трудоемкость подготовительных работ и решения; сложность и стоимость устройств, необходимых для реализации данного метода.

На практике можно рекомендовать к использованию метод начальных параметров, который дает определенные преимущества по сравнению с методом конечных элементов, которые заключаются в следующем. В расчете участвуют непосредственные характеристики, такие как жесткости, демпфирование, которые могут определяться экспериментально или задаваться из справочников. Причем параметры этих элементов могут задаваться в виде их собственных характеристик. При большом количестве элементов не требуется решения большой системы уравнений, которая в случае экспериментально полученных данных может оказаться недостаточно точно ограниченной. В зависимости от степени детализации рассматриваемой модели (количества разбиваемых элементов) метод начальных параметров можно отнести как к приближенным, так и к точным методам расчета [1].

Можно моделировать ШУ станков на различных опорах (качения, гидростатических, гидродинамических и др.) при наличии параметров, характеризующих их жесткостные и демпфирующие свойства. Порядок формирования геометрической модели рассмотрен на примере консольно-фрезерного станка модели 6Т80Ш и на рисунке 1 представлена блок-схема расчета.

Проверка правильности расчетов проводилась на простых моделях шпиндельного узла, представленного в виде гладкого полого двухопорного вала, для которого имелись экспериментальные и справочные данные характеристик большинства подшипников, используемых в ШУ.

Расчет статической деформации вала (податливости конца шпинделя  $u_2$ ) производился по формуле (см. рис. 1) [2], где  $E$  – модуль упругости материала вала;  $l$  – расстояние между опорами;  $a$  – длина консольной части;  $J_1$  и  $J_2$  – осевые моменты инерции сечения вала соответственно на консольной части и между опорами;  $C_1$  и  $C_2$  – соответственно податливость передней и задней опор вала;  $\zeta_3$  – коэффициент, учиты-

вающий защемляющий эффект при нескольких рядах тел качения (в расчетах значение  $\zeta_3$  принималось в зависимости от схемы используемых подшипниковых опор [3]).

Моделирование ШУ проводилось для разгруженной от приводной силы расчетной схемы и двух вариантов исполнения передних шпиндельных опор:

1 – двухрядного роликового серии 3182100К, шарикового упорно-радиального двухрядного подшипника с углом контакта  $60^\circ$  серии 178800 (в задней опоре два радиально-упорных шариковых серии 46100У по схеме «О»); 2 – роликовый двухрядный конический подшипник с буртом на наружном конце серии 697000П (в задней опоре роликовый однорядный конический подшипник с широким наружным кольцом типа 17000). Для обоих случаев внешняя радиальная нагрузка составляла  $P=3\text{Кн}$ . Соответственно:  $E=(2 \times 10^9)\text{МПа}$ ; диаметр шейки передней опоры шпинделя  $d_1 = 70\text{мм}$  (диаметр отверстия  $d_0=40\text{мм}$ ); диаметр шейки задней опоры шпинделя  $d_2 = 40\text{мм}$  ( $d_0=20\text{мм}$ ).

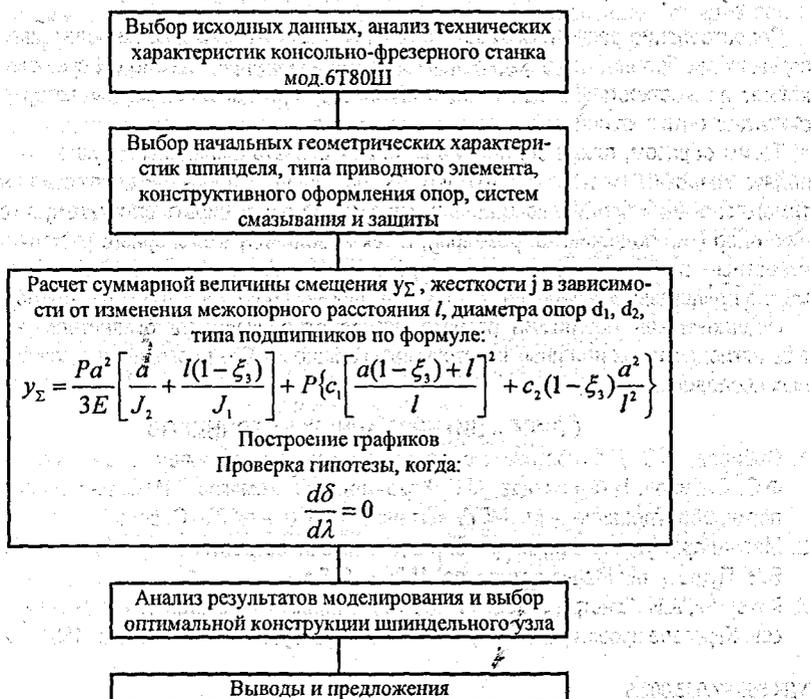


Рисунок 1 – Блок-схема выбора конструкции шпиндельного узла

Результаты расчетов суммарной величины податливости  $y_\Sigma$  при изменении межопорного расстояния  $l$  (условие  $l \geq 2,5a$  [3]) по разработанной программе представлены на рисунке 2.

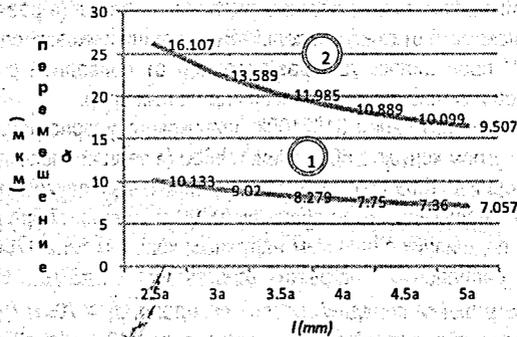


Рисунок 2 – Результаты расчета статической деформации ШУ как двухопорной балки

Сопоставление расчетных характеристик показывает на меньшую податливость конструкции, выбранной по первому варианту. Величина принимаемого  $l$  существенно не влияет на жесткость ШУ из-за принятой конструкции передней опоры, которая может считаться оптимальной.

Таким образом, применяя данную методику расчета шпиндельных узлов, можно выявлять «слабые» места в конструкции ШУ, по заданной величине жесткости или допустимого значения прогиба конца шпинделя ( $y_{\Sigma}$ ) можно выбирать оптимальную конструкцию опор (тип подшипника, размеры), а также величину межопорного расстояния  $l$ . По известным значениям нагрузок (силы резания и силы от приводного элемента) так же можно предсказывать величину биения инструмента и достигаемую точность обработки.

Предложенная программа расчета позволяет производить сравнительную оценку эффективности тех или иных конструктивных решений без проведения экспериментальных исследований.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сабиров, Ф.С. Диагностика, моделирование и расчет шпиндельных узлов станков / Ф.С. Сабиров, Н.А. Кочинев, М.П. Козочкин, В.С. Хомяков // ИТО: инструмент, технология, оборудование. – М.: МГТУ «Станкин», 2010. – № 3. – С. 54–55.
2. Металлорежущие станки: учебник для машиностроительных вузов / Под ред. В.Э. Пуша. – М.: Машиностроение, 1985. – 576 с.
3. Кочергин, А.И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование: учеб. пособие для вузов. – Мн.: Выш. шк., 1991. – 282 с.

УДК 666.97.033.002.5

**Чирук В.А., Омелянюк О.В.**

*Научный руководитель: ст. преподаватель Есавкин В.И.*

### УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ С КАНАЛАМИ

Устройство относится к области строительного машиностроения, в частности, к оборудованию для изготовления бетонных изделий с каналами.

Известно устройство для изготовления бетонных изделий с каналами, содержащее самоходную каретку с закрепленными на ней посредством пластинчатых держателей –

ножей каналообразователями с коническими насадками на переднем по ходу каретки конце и приводной уплотняющий каток [1].

Недостатком устройства является низкое качество изделий, так как в процессе образования полостей происходит полное разрушение поверхностей каналов над пустообразователями после разрезания свежетоформованного бетона держателями-ножами.

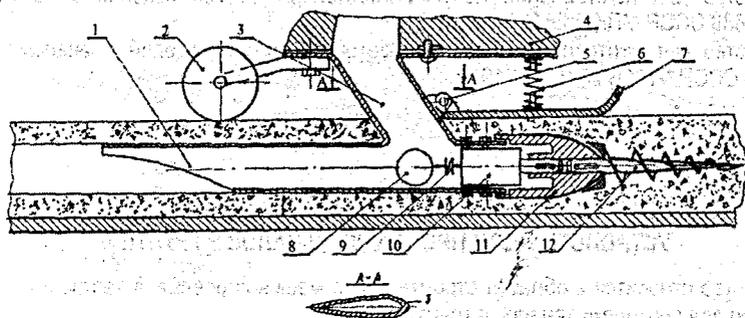
Известно также устройство, содержащее самоходную каретку, прикрепленный к ней на держателе-ноже каналообразователь, выполненный из корпуса с конической насадкой на переднем по ходу каретки конце, и уплотняющий каток. Каналообразователь снабжен кинематически связанными между собой газовой турбиной и редуктором, на выходном валу которого закреплена коническая насадка, причем корпус каналообразователя и держатель-нож выполнены полыми с сообщающимися полостями для подачи сжатого воздуха к турбине, а последняя и редуктор размещены в корпусе каналообразователя [2].

Недостатком устройства является низкое качество изделий из-за разрезания свежетоформованного бетона держателями-ножами. Кроме того, при движении каретки и при прокалывании канала конической насадкой необходимо преодолевать большие силы трения о поверхность насадки, что требует значительных энергозатрат. Недостатком также является неодинаковая степень уплотнения нижнего и верхнего слоя, так как нет протискивания в верхнем слое при движении каналообразователя.

Целью настоящей работы является снижение энергозатрат и повышение качества изделий.

Технический результат достигается тем, что в предлагаемом устройстве для изготовления бетонных изделий с каналами, содержащем каретку, прикрепленный к ней на держателе-ноже каналообразователь, выполненный из корпуса с конической насадкой на переднем по ходу каретки конце и уплотняющий каток, каналообразователь снабжен кинематически связанными между собой электродвигателем и редуктором, на тихоходном валу которого закреплена коническая насадка с коническим шнеком, а над конической насадкой и коническим шнеком установлена подпружиненная лыжа.

Схема устройства для образования каналов в бетоне приведена на рисунке 1.



1 — каналообразователь; 2 — уплотняющий каток; 3 — нож-держатель; 4 — каретка; 5 — проушина; 6 — пружина; 7 — лыжа; 8 — электродвигатель; 9 — муфта; 10 — редуктор; 11 — коническая насадка; 12 — конический шнек

Рисунок 1 — Устройство для изготовления бетонных изделий с каналами

Устройство состоит из каретки 4, к которой прикреплены каналообразователь 1 на держателе-ноже 3, уплотняющий каток 2 и подпружиненная лыжа 7.

Каналообразователь 1 состоит из корпуса в виде отрезка трубы с конической насадкой 11 и коническим шнеком 12, установленными на тихоходном валу редуктора 10, установленного внутри корпуса каналообразователя. Привод конического шнека и конической насадки осуществляется от электродвигателя 8, установленного в корпусе каналообразователя 1.

Устройство работает следующим образом. После приобретения свежетоформованным бетоном структурной прочности в него вводят каналообразователь 1, перемещая каретку 4 вдоль бетонного массива, одновременно включают электродвигатель 8, который приводит во вращение муфту 9 редуктора 10, а последний передает вращение конической насадке 11 и коническому шнеку 12. При вращении конический шнек ввинчиваясь в бетон, создает тяговое усилие для передвижения каналообразователя, то есть нет необходимости применять самоходную каретку с дополнительным приводом перемещения. Конический шнек одновременно ввинчиваясь в бетон, его раздвигает, уплотняет, а вращающаяся коническая насадка увеличивает диаметр канала, выглаживает внутреннюю поверхность и дополнительно равномерно уплотняет бетон и в нижней зоне и в верхней, так как создается в верхнем слое давление от подпружиненной лыжи 7. Борозды, остающиеся после прохода ножа-держателя, закатываются уплотняющим катком 2.

Применение предлагаемого устройства обеспечит: повышение качества изделий за счет равномерного обжатия бетона; снижения энергозатрат за счет уменьшения сил трения конической насадки о бетон при его прокалывании, как по устройству [2] и за счет исключения металлоемких самоходных кареток с приводом от электродвигателей, имеющих большие энергопотери в редукторах.

Устройства для изготовления бетонных изделий с каналами могут быть выполнены переносными, которые могут устанавливаться на формы бетонных изделий, используемых на технологических линиях, полигонах и в условиях строительных площадок, то есть быть более мобильными.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Устройство для изготовления из ячеистобетонных смесей изделий с каналами: а.с.266639 СССР МПК В 28 В 1/44 1968.
2. Устройство для изготовления из ячеистобетонных смесей изделий с каналами: а.с. 937146 СССР МПК В 28 В 1/44 1982.

УДК 626.862.002.51

**Чирук В.А., Омелянюк О.В.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Есавкин В.И.**

#### УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОКЛАДКИ КАНАЛОВ В ГРУНТЕ

Устройство относится к области строительного машиностроения, в частности, к оборудованию для прокладки каналов в грунте.

Известно устройство для прокладки каналов в грунте (крододренажная машина), навешиваемое на стандартную навесную систему трактора, содержащее гидросистему, раму, рабочие органы, состоящие из ножа, дренажа (каналообразователь коническо-цилиндрической формы) и гибкой связи [1].

Недостатками устройства являются необходимость применять транспортные средства с высокой проходимостью, наличие гидросистемы усложняет конструкцию, высокая

энергоёмкость при прорезании щели ножом и заведении каналаобразователя (дренера) в грунт, невозможно применять в стесненных условиях.

Известно также устройство, навешиваемое на навесную систему трактора, содержащее гидросистему, раму, рабочие органы, состоящие из ножа и активного рабочего органа, вращающегося дренера в виде конического винта, приводимого во вращение механической системой передач от трактора [2].

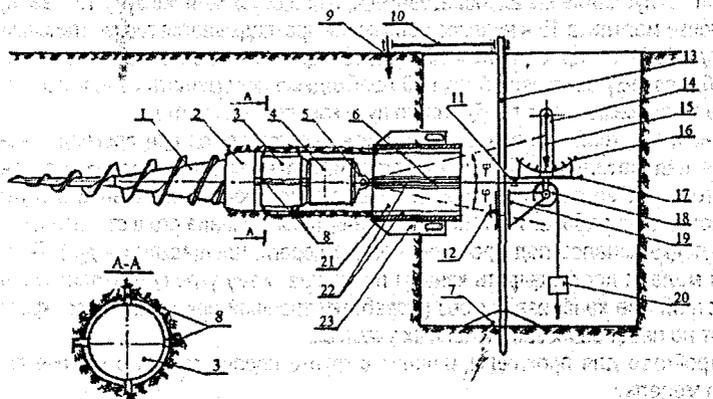
Вращающийся дронер получает вращение от вала отбора мощности трактора, ввинчивается в грунт, раздвигает и уплотняет его, образуя канал, благодаря чему тяговое усилие машины снижается, снижается и энергоёмкость.

Недостатками устройства являются: необходимость применять транспортные средства; высокая энергоёмкость при прорезании щели ножом, наличие сложной энергоёмкой механической системы передач, высокая металлоёмкость, невозможность применять в стесненных условиях.

Целью настоящей работы является снижение энергозатрат, упрощение конструкции и обеспечение выполнения работ в стесненных условиях без транспортных средств.

Технический результат достигается тем, что в устройстве для прокладки каналов в грунте, содержащем поддерживающую тягу, прикрепленный к ней каналобразователь с конической насадкой снабжен кинематически связанными между собой электродвигателем и редуктором, на тихоходном валу которого закреплена коническая насадка с коническим шнеком, перемещающим каналобразователь, а изменение направления движения в вертикальной плоскости осуществляется изменением положения поддерживающей тяги, проходящей через блок, установленный на ползуне вертикальной стойки с маятниковым датчиком уклона, опирающимся одной стороной на ось блока, а второй стороной, проушиной; на поддерживающую тягу.

Схема устройства для прокладки каналов в грунте приведена на рисунке 1.



1 – конический шнек; 2 – коническая насадка; 3 – редуктор; 4 – электродвигатель; 5 – серьга; 6 – поддерживающая тяга; 7 – опорный щит; 8 – продольные ребра; 9 – анкер; 10 – раскосы; 11 – проушина; 12 – винт; 13 – вертикальная стойка; 14 – стойка маятника; 15 – маятник; 16 – шкала; 17 – маятниковый датчик уклона; 18 – блок; 19 – ползун; 20 – скользящий груз; 21 – кондуктор; 22 – внутренние направляющие; 23 – наружные ребра;  $\varphi$  – угол наклона поддерживающей тяги

Рисунок 1 – Устройство для прокладки каналов в грунте

Устройство содержит конический шнек 1 и конический насадок 2, установленные соосно на тихоходном валу редуктора 3 с продольными ребрами 8, исключаящими его вращение в канале. Привод каналаобразователя осуществляется от фланцевого электродвигателя 4, установленного на редукторе 3. На электродвигателе 4 установлена серьга 5, при помощи которой закреплена поддерживающая тяга 6 со скользящим грузом 20, проходящая через блок 18 ползуна 19, установленного на вертикальную стойку 13 в приемке. На ползуне 19 установлен маятниковый датчик уклона 17, состоящий из маятника 15, стойки маятника 14 и шкалы 16. Датчик уклона опирается одной стороной на ось блока 18, а проушиной 11 на поддерживающую тягу 6, сам ползун 19 закрепляется к вертикальной стойке 13 при помощи винта 12.

Для запуска устройства в момент входа в грунт используется кондуктор 21 с внутренними направляющими 22 и с наружными ребрами 23, входящими в грунт и исключаящими его поворот относительно оси канала.

Предлагаемое устройство работает следующим образом: в приемке устанавливают кондуктор 21 на требуемой глубине, устанавливают в него каналаобразователь, состоящий из конического шнека 1, конической насадки 2, редуктора 3 и электродвигателя 4. При установке продольные ребра 8 редуктора 3 вводят во внутренние направляющие 22 кондуктора 21. К серьге 5 закрепляют поддерживающую тягу 6 и включают электродвигатель 4, вращающий конический шнек, ввинчиваясь в грунт, раздвигает, уплотняет его, а вращающаяся коническая насадка производит дополнительное уплотнение. Выполнив проходку в пределах 0,8 – 1 м, выключают электродвигатель 4 и устанавливают вертикальную стойку 13, поддерживающую тягу 6 пропускают через блок 18 и на ось блока устанавливают маятниковый датчик уклона 17 на проектный уклон, перемещением ползуна 19, изменяя угол  $\phi$ . Проектный уклон контролируется по шкале 16. При подъеме ползуна 19 происходит заглубление каналаобразователя, а при опускании ползуна 19 – выглубление, при установке маятника 15 в нулевое положение прокладывается горизонтальный канал.

Для поддержания проектного уклона необходимо обеспечивать постоянное натяжение тяги 6, поэтому скользящий груз 20 необходимо перемещать из нижнего положения в верхнее в зависимости от пройденного пути каналаобразователя.

Применение устройства позволит: снизить энергозатраты при прокладке каналов за счет снижения металлоемкости устройства, исключения транспортных средств, снижения энергозатрат за счет исключения операции по прорезанию щелей в грунте; упростить конструкцию рабочего органа и обеспечить применение его в стесненных условиях (при прокладке каналов под проезжей частью дороги, площадками и др.). Возможность полезной модели прокладывать каналы по задаваемому уклону позволит использовать ее при устройстве канализации без разработки траншей при выполнении кротодренажных работ на небольших заболоченных участках.

На устройство для прокладки каналов в грунте подана заявка о выдаче патента на полезную модель.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Скотников, В.А. Машины для строительства и содержания осушительных дрен / В.А. Скотников, Л.И. Можейко, А.А. Мащенко, Н.П. Кладов. – М.: Машиностроение, 1973. – С. 119–121.
2. Скотников, В.А. Машины для строительства и содержания осушительных дрен / В.А. Скотников, Л.И. Можейко, А.А. Мащенко, Н.П. Кладов. – М.: Машиностроение, 1973. – С. 128–129.

# ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ СТЫКОВЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АМг-6

Наличие в конструкциях сварных швов существенно снижает характеристики сопротивления усталости материала изделия. Этому способствует ряд факторов, таких как концентрация напряжений, остаточные сварочные напряжения и т.д. Изучение влияний этих факторов на характеристики сопротивления усталости стали и сплавов имеет важное значение. Однако, как показал анализ литературных данных, опубликованные результаты порой противоречивы. В ряде работ показано, что остаточные напряжения в одних случаях не влияют на усталостную прочность сварных соединений, в других — значительно повышают или понижают их предел выносливости и долговечность. Такое различие вызвано тем, что действие остаточных напряжений проявляется, по-видимому, только при определенных условиях и зависит от вида материала, качества механической обработки поверхности сварного шва, его формы, характера распределения напряжений и т.д.

В связи с вышеизложенным, в настоящей работе было исследовано влияние сварки на характеристики сопротивления усталости алюминиевого сплава АМг-6 при регулярном нагружении растяжением—сжатием.

Так как процесс формирования сварного шва неразрывно связан с наведением в самом шве и его окрестности значительных остаточных напряжений, предварительно было исследовано напряженное состояние заготовок со сварным швом, из которых в последствии изготавливали образцы для усталостных испытаний.

Определение остаточных напряжений выполняли методом отверстий, основанном на предположении, что удаление части детали с остаточными напряжениями эквивалентно приложению к оставшейся части детали напряжений, обратных остаточным. Предполагалось, что материал пластины изотропен, все перераспределения напряжений происходят в пределах упругой работы материала.

Распределение остаточных напряжений исследовали вдоль оси сварного стыкового соединения листов толщиной 2,8 мм из сплава АМг-6. Длина шва составляла  $l=600$  мм. Отверстия диаметром  $2a=10$  мм сверлили с шагом 75 мм. Для измерения дополнительных деформаций, вызванных разгрузкой материала вблизи отверстия в результате его сверления, использовали фольговые тензорезисторы с базой  $l_T=3$  мм. Что удовлетворяет требованию  $a \geq 1,5 \cdot l_T = 3$  мм.

Исходные остаточные напряжения, имеющие место в окрестности сварного шва до сверления, определяли по измеренным дополнительным деформациям  $\epsilon_x^a$  и  $\epsilon_y^a$ , используя выражения:

$$\sigma_x = \frac{E}{(1-\nu)A} \cdot \frac{\epsilon_x^a + \epsilon_y^a}{2} + \frac{E}{(1+\nu)B} \cdot \frac{\epsilon_x^a - \epsilon_y^a}{2}, \quad (1)$$

$$\sigma_y = \frac{E}{(1-\nu)A} \cdot \frac{\epsilon_x^a - \epsilon_y^a}{2} - \frac{E}{(1+\nu)B} \cdot \frac{\epsilon_x^a + \epsilon_y^a}{2} \quad (2)$$

где  $A$  и  $B$  — соответственно осесимметричный и антисимметричный коэффициенты чувствительности метода отверстий.

Их назначения определяли в зависимости от относительной базы  $\lambda = l_T / a$  и относительной координаты передней кромки тензорезистера. Эпюры остаточных напряжений для трех соединений представлены на рисунке 1.

Анализ полученных результатов показывает, что в сварном шве и в его окрестности имеют место значительные остаточные напряжения обоих знаков [1]. Эпюры напряжений  $\sigma_x$  (рисунок 1) имеют по всей длине один знак (растяжение). Эти напряжения уравновешиваются сжимающими остаточными напряжениями, действующими в сечениях, перпендикулярных оси шва на некотором удалении от его оси. Напряжения  $\sigma_y$  в начале и в конце шва сжимающие; они должны уравновешиваться растягивающими напряжениями, действующими в средней части сварного соединения. Некоторое несоблюдение данного условия связано с погрешностями эксперимента.

Исследование характеристик сопротивления усталости сварного стыкового соединения при растяжении-сжатии проводили на плоских образцах, содержащих в рабочей части сварной шов. Эти образцы вырезали из вышеуказанных сварных соединений.

Разрезка листа с наведенными остаточными напряжениями на полосы приводит к перераспределению этих напряжений, которое можно учесть расчетным методом по исходным эпюрам напряжений  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$  в листе.

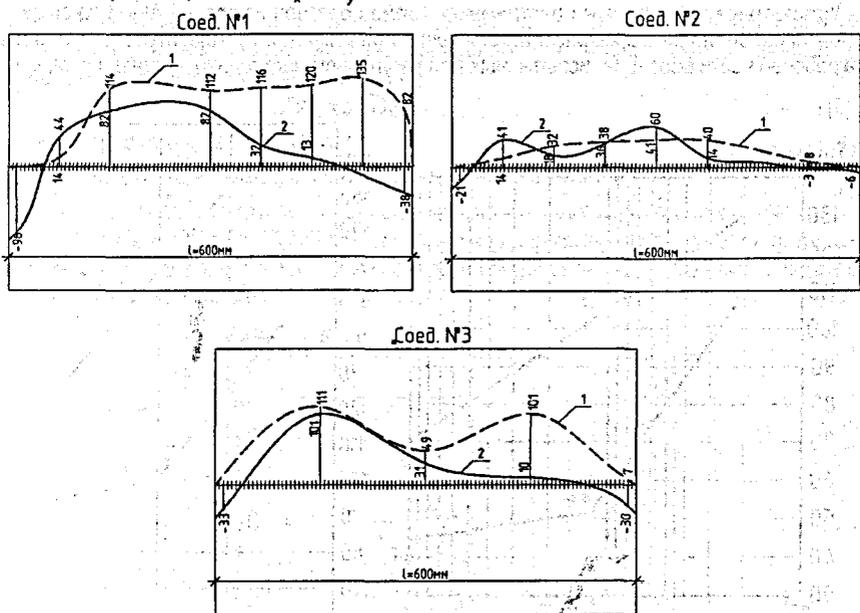


Рисунок 1 – Эпюры остаточных сварных напряжений  $\sigma_x$  (1) и  $\sigma_y$  (2) в сварных стыках соединениях листов из сплава АМг-6

Оценку остаточных напряжений  $\sigma_y^n$  после разрезки, совпадающих по напряжению с циклическими рабочими напряжениями, производили в начале и конце шва, используя выражение:

$$\sigma_y^n = \sigma_y - \nu \sigma_x \quad (3)$$

Для оценки напряжений  $\sigma_y^n$  в средней части сварного шва использовали тот факт, что эпюра напряжений  $\sigma_y^n$  самоуравновешена по длине шва, т.е.

$$\int_0^b \sigma_y^n(x) dx = 0, \quad (4)$$

где  $b$  – ширина рабочей части образца.

Из выражения (4), приняв аппроксимацию эпюры напряжений по параболическому закону, получим следующее выражение:

$$\sigma_y^n = -\frac{1}{5}(\sigma_{y1}^n - \sigma_{y2}^n), \quad (5)$$

где  $\sigma_{y1}^n$  и  $\sigma_{y2}^n$  – значения остаточных напряжений соответственно в начале и конце шва.

Расчеты с использованием выражений (3) и (5) показали, что, несмотря на частичную релаксацию остаточных напряжений в результате разрезки листа на полосы, их уровень остаётся достаточно высоким и достигает значений 50...60 МПа. Значение растягивающих остаточных напряжений, способствующих усталостному разрушению, от образца к образцу изменялись в пределах 10...48 МПа.

Усталостные испытания на растяжение-сжатие образцов из сплава АМг-6 со сварным швом проводили при регулярном нагружении при комнатной температуре (293К). Ширина рабочей части образцов, испытанных при регулярном нагружении, составляла 50 мм.

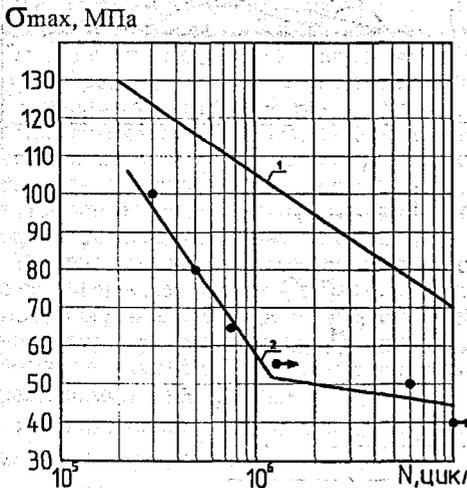


Рисунок 2 – Кривые усталости гладких (1) и образцов со сварным швом (2) из сплава АМг-6 при симметричном растяжении-сжатии

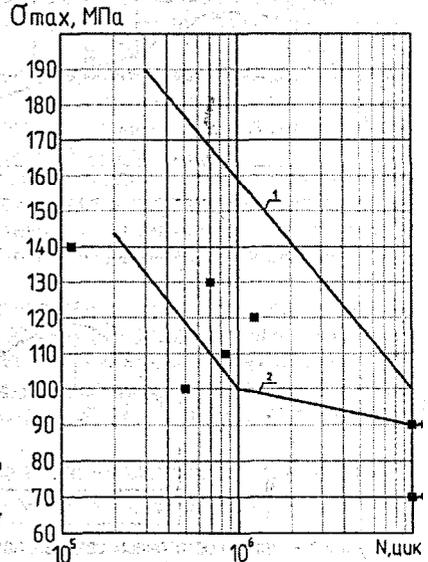


Рисунок 3 – Кривые усталости гладких (1) и образцов со сварным швом (2) из сплава АМг-6 при отнулевом растяжении-сжатии

Результаты испытаний на усталость при регулярном нагружении образцов со сварным швом представлены на рисунках 2 и 3. Они показывают, что наличие сварного шва и сплаве АМг-6 существенно снижает его характеристики сопротивления усталости как при симметричном, так и отнулевом циклах. Наибольшее снижение максимальных на-

пряжений  $\sigma_{\max}$  цикла наблюдается для долговечности  $10^5$  циклов и составляет 1,75 раза при  $R=-1$  и 1,4 раза при  $R=0$ . Во всех случаях усталостная трещина зарождалась и распространялась по границе сплавления металла шва и основного металла. Пределы выносливости в максимальных напряжениях цикла образцов со сварным швом составляют 45 МПа при  $R=-1$  и 90 МПа при  $R=0$ .

Те же результаты, представленные в координатах: амплитудное значение напряжений цикла  $\sigma_a$  – логарифм числа циклов до разрушения образцов  $N_p$  (рисунок 4) показали, что среднее напряжение цикла практически не влияет на характеристики сопротивления усталости образцов со сварным швом при  $N > 10^6$  циклов. В обоих случаях предел выносливости составил 45 МПа. Наличие сварного шва в большей степени снижает характеристики сопротивления усталости материала при симметричном цикле нагружения и в меньшей – при отнулевом.

Отсутствие влияния среднего напряжения цикла  $\sigma_m$  на сопротивление усталости сплава АМг-6 можно объяснить наличием в сварном шве остаточных напряжений, которые в начальной стадии нагружения частично релаксируют и принимают установившееся значение, определяемое выражением [2]:

$$\sigma_{ocm} = \sigma_T - \alpha_\sigma \sigma_{\max} \quad (6)$$

где  $\sigma_T$  – предел текучести материала;

$\alpha_\sigma$  – теоретический коэффициент концентрации напряжений.

Расчеты показывают, что почти для всех испытанных образцов первоначальный уровень остаточных напряжений превышает значения напряжений, полученные с помощью выражения (6), обеспечивающие независимость предельной амплитуды цикла от среднего напряжения внешнего нагружения.

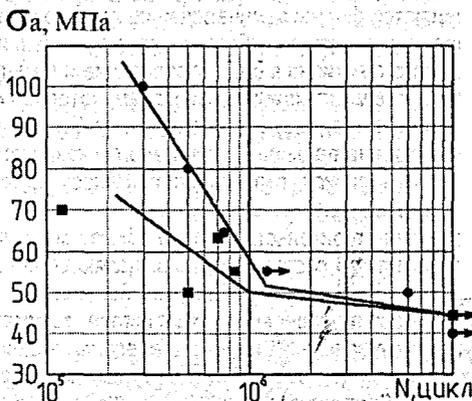


Рисунок 4 – Кривые усталости в координатах  $\sigma_a - \lg N$  образцов из сплава АМг-6 со сварным швом при  $R=-1$ (1) и  $R=0$ (2)

Для исследования влияния концентрации напряжений, вызванной наличием сварного стыкового шва, была проведена оценка значений теоретического коэффициента концентрации напряжений  $\alpha_\sigma$ . Максимальные его значения на границе сплавления основного

металла и металла шва составили  $\alpha_{\sigma} = 1,3 \dots 1,4$ . Испытания проводили на образцах с боковыми выточками, имеющими  $\alpha_{\sigma} = 1,4$ . Полученные экспериментальные точки ложатся в пределах разброса данных кривых усталости гладких образцов при одинаковых значениях коэффициента асимметрии цикла. Это свидетельствует о том, что при  $\alpha_{\sigma} = 1,4$  сплава АМг-6 не чувствителен к концентрации напряжений и последней нельзя объяснить снижение характеристик сопротивления усталости сплава при наличии сварного шва.

Представленные результаты свидетельствуют о том, что наличие сварного шва приводит к снижению характеристик трещиностойкости материала. Это снижение нельзя объяснить влиянием концентрации напряжений того уровня, который наблюдается у исследованного сварного соединения. Влияние остаточных напряжений у сварного шва связано с изменением асимметрии цикла напряжений в околошовной зоне.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Петин, С.В. Основы инженерных расчетов усталости судовых конструкций. – Л.: Судостроение, 1990. – 224 с.
2. Троценко, В.Т. Сопротивление усталости металлов и сплавов / В.Т. Троценко, Л.А. Сосновский – Киев: Наукова думка, 1987. – 510 с.

УДК 728.83(476.7)

**Буйко Е.М., Божик С.С.**

**Научный руководитель: зав. кафедрой АПиР Власюк Н.Н.**

### УСАДЕБНОЕ ЗОДЧЕСТВО БЕРЕТЕЙЩИНЫ

Исторические корни усадеб уходят в глубокую древность. Первоосновой их возникновения и развития являются формы землевладения. Активное освоение земель, их перераспределение и переход в частную собственность начались в первой четверти XIV в. с присоединения Полесского региона к ВКЛ. Становление и развитие имений региона было связано с особым новым шляхетским сословием, которое составляли должностные лица при дворе князя, и лица, несущие военную службу. С имениями господарскими, магнатов, шляхты и духовенства была связана многовековая история усадебного зодчества Брестчины и всей Беларуси, включая эпохи Ренессанс, барокко, а также классицизм, романтизм и время эклектики.

При выборе места для строительства усадеб важное значение придавалось природно-ландшафтным условиям. В составе усадеб выделяются следующие основные функциональные зоны: жилая, парковая, въездная, хозяйственная.

Жилая зона, включающая усадебный дом, флигеля, занимала обычно центральное положение в планировке усадьбы. К ней вела въездная аллея. В составе жилой зоны ряда усадеб располагались церкви (костел) или каплица, например, в усадьбах Дубой (Пинский р-н), Закозель (Дрогичинский р-н), Волчин (Каменецкий р-н) и др.

Парковая зона располагалась обычно рядом с жилой и была с ней планировочно и композиционно взаимосвязана. Усадебные парки отличались большим разнообразием приемов планировки и формирования парковых композиций, малых архитектурных форм. Площадь, занимаемая усадебными парками, колеблется от 1 га в усадьбе Лишки в Берестовицком р-не до 65 га в усадьбе Бельмонты в Браславском р-не.

Въездная зона имела важное представительское значение. В ее состав входили: въездная аллея с брамой или декоративными воротами при въезде на территорию усадьбы, которая завершалась парадным двором перед усадебным домом.

Хозяйственная зона, включающая хозяйственные постройки (конюшни, псарни, каретные сараи, амбары, мастерские, копильни, пекарни, сыроварни, ледники, бани и др.), плодовый сад, огороды, оранжереи располагались недалеко от жилой зоны (на расстоянии обычно не далее 200 м от усадебного дома). Многие хозяйственные постройки выполняли декоративную функцию. Хозяйственные зоны многих богатых усадеб включали большое количество построек и занимали участки площадью 10–15 га. В их состав входили спиртзаводы, пивоварни, крахмальные заводы, мельницы и др.

Для усадеб кон. XVIII – сер. XIX вв. (эпоха классицизма) было характерно «осевое построение центральной части и трехлучие перспектив, открывающееся от дома». В планировке усадеб главными элементами были парадный двор с усадебным домом и въездная аллея. Для хозяйственных построек было характерно размещение в линию, перпендикулярно въездной аллее. Водоем, река часто располагались сбоку от парадного двора. Пейзажный парк имел обычно спокойный рельеф. К усадьбам этого периода относятся: Совейки Ляховичского р-на, Молодово Ивановского р-на, Полонечка, Заосье Барановичского р-на, Высокое Каменецкого р-на и др.

В усадьбах нач. XIX – сер. XIX вв. (эпоха романтизма) подъездная дорога часто располагалась перпендикулярно основной оси ансамбля парадного двора. Планировка и размещение функциональных зон оставались прежними, композиция усадебных комплексов постепенно утрачивает сложное иерархическое построение. В парках создавались искусственные руины, декорированные сооружения. К усадьбам этого периода относятся: Залесье Сморгонского р-на, Старые Пески Березовского р-на и др.

Для усадеб сер. XIX – нач. XX вв. была характерна свободная планировка. Подъездная дорога часто проходила к усадебному дому под углом, функциональные зоны располагались без какой-либо схемы. К усадьбам этого периода относятся: Раковица Брестского р-на, Грушевка, Флорьяново Ляховичского р-на, Пружаны и др. [1].

Более подробно остановимся на деревянном усадебном зодчестве. Формирование жилых домов помещичьих усадеб происходило на рубеже XVI–XVII вв. Первоначально это были дома небольших размеров, мало отличающиеся от крестьянских построек. Характерная их особенность – планировочная схема, основанная на симметричном размещении комнат по обе стороны сеней. Широкое распространение имело традиционное трех-



Рисунок 1 – Усадебный дом в Грушевке

камерное жилье, которое дошло до XX в. без значительных изменений. Оно известно в двух вариантах: хата+сени+клеть и хата+сени+хата [2]. На своей начальной стадии развития усадебное жилье прошло важнейшие этапы эволюции народного жилья, когда из трехкамерного складывался четырехкомнатный план дома с сенями в центре. При членении сеней на две половины появился план дома, состоящий из шести частей. Усадебные дома

возводились преимущественно из брусьев на врубках или фундаментах, снаружи часто покрывались шалевкой и накрывались дранкой, гонтом или соломой. Для большинства зданий характерен прямоугольный, часто симметричный план. Их архитектура основывалась на контрасте между низким срубом и высокой пластичной кровлей, которая составляла в ряде случаев около двух третей высоты дома. Важную художественную роль исполняло крыльцо с опорами. Оно акцентировало вход и выделяло центральную часть дома. В эпоху классицизма крыльцо превратилось в монументальный колонный портик. Получает распространение классический прием строительства одноэтажных домов с мансардным этажом и выделением парадного фасада портиком на всю высоту здания. Мансардный этаж в усадебных домах явился продолжением развития мезонина в зданиях времен ренессанса. Иногда над портиком на высоте второго этажа устраивался балкон, очерченный узорной балюстрадой. В ряде усадеб портик поднимался на уровень второго этажа, устраивался на аркадах, напоминая римскую триумфальную трехпролетную арку. В небольших усадьбах классическая ордерная система имела упрощенную трактовку, часто сводилась до простых колонн или колонн, которые поддерживали крыльцо.

Кровли известны вальмовые, полувальмовые, двухскатные, щитовые. В XVIII в. они усложнились и приобрели изломы. Очень распространенной формой ломаной крыши стал так называемый «мансард польский», который имел все плоскости с одинаковым уклоном и был генетически связан с традиционным вальмовым покрытием. Примерами сооружений со сложными завершениями могут служить усадебные дома XVIII в. в Меречевщине Ивацевичского и Сехновичах Жабинковского районов.

Примерно с начала XVII в. более широко в композиции участвовали верхние этажи домов, которые строились над сенями и занимались подсобными и жилыми помещениями, залами, каплицами. В ряде построек верхний этаж объединялся с крыльцом и выступал вперед, что придавало композиции больше динамики. В некоторых постройках верхний этаж как бы прорезал крышу в перпендикулярном продольной оси направлении и на фасадах был оформлен ажурными балконами (рис. 1). Композиционный прием выделения центра сооружения крыльцом и верхним этажом широко использовался в архитектуре барокко и с незначительными изменениями был переработан в стиле классицизма.

Усложнение силуэта сооружений связано с воздействием стиля барокко на деревянное зодчество. Этот стиль внес ряд особенных черт в композицию и планировку жилья. Так, в планах домов XVIII в. чаще наблюдалось размещение в центре парадного зала, который выходил на протяженную стену граненым эркером, планировка стала анфиладной. Композиция обогатилась за счет завершений, альеж (рис. 2). В некоторых усадьбах произошел переход от группировки обособленных объемов дома и официн (вспомогательных внутридворовых построек, которые были предназначены для жилья и хозяйственных нужд и размеща-

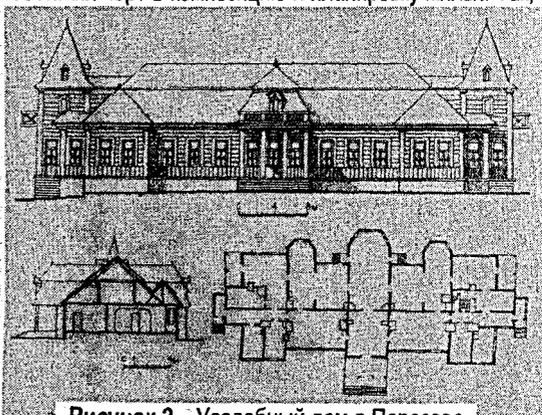


Рисунок 2 – Усадебный дом в Порозово

лись обычно возле усадебного дома) к возведению единого ансамбля полузамкнутого парадного двора.

Симметрия планировочного решения усадебного дома определяла строгую осевую симметрию фасадов, особенно главного, а также равновесие объемов. Всегда композиционно выделялся главный вход в здание. Это достигалось ритмичным, направленным к центру построением фасада, а



Рисунок 3 – Усадебный дом в Заполье

также устройством перед входом крылец, колоннад. В небольших усадьбах крыльцо делалось в виде навеса на столбах. В богатых домах оно превращалось в галерею «резчицкой и плотнической» работы, для оформления применялся и цвет. Часто столбы, поддерживавшие фронтон, служили основанием для декоративных башен. Порттики, пришедшие на смену подобному крыльцу, башен не содержали, но получившие воплощение в дереве элементы каменной архитектуры – колоннады, антаблементы, капители – также делали вход в здание самой значительной и интересной его частью. Устойчивый характер традиций местного деревянного зодчества содействовал своеобразной переработке народными строителями классических ордерных канонов. Зачастую портик являлся единственным элементом, обогащавшим фасад здания (рис. 3). Подобное контрастное противопоставление стройных освещенных колонн затемнению в глубине колоннады резко повышало художественную выразительность здания. Применялся еще один композиционный прием, содействовавший выявлению осевого построения и симметричности композиции – стена в центре главного фасада западает вглубь, образуя перед входом лоджию с двумя колоннами дорического ордера. Такой прием, создававший глубинное построение фасадной поверхности, связан с образованием навесов, галерей и чаще применялся в хозяйственных постройках усадебных комплексов.

Интерьер большинства домов был решен сдержанно. Стены изнутри вычесывались, потом обмазывались глиной и белились или обклеивались полотном и расписывались. В домах небогатой шляхты еще в XIX в. многие помещения, в том числе и жилые, имели земляные или глинобитные полы, а в сенях часто не было и потолка. В жилых и хозяйственных помещениях всегда устраивалось балочное перекрытие. Изредка двери сохраняли старую конструкцию на «бегунках». Очень распространенными были маленькие круглые окна из простого полупрозрачного стекла, которые вставлялись в оловянные или деревянные рамы. Большие окна из белого стекла, украшенные резными планками, встречались только в богатых усадьбах. В жилых помещениях стояли кафельные печи, часто украшенные полихромными или рельефными изразцами.

Деревянные дома усадебного типа строились и в городах, однако организация их территории была иной, что определялось их небольшими размерами, сокращением числа хозяйственных построек, вынесением жилого дома ближе к улице. Но внутренняя планировка и внешний облик схожи с сельскими зданиями этого типа. Фасады городских домов часто штукатурили. В начале XIX в. этот прием переходит и в сельские усадьбы.



Рисунок 4 – Лямус (музей Заосье)

Строились в помещичьих усадьбах жилые дома для слуг батраков – «оффицины» – во внешнем облике которых обычно находили проявление региональные особенности народного зодчества. Также возводились и другие усадебные постройки. Например, очень интересными сооружениями были ярусные браны. Их появление связано с влиянием оборонительной архитектуры. Позже браны утрачивают свою оборонительную

функцию. Часто они представляли собой большие трехэтажные сооружения, на первом этаже которых по бокам от проезда размещались хозяйственные помещения, второй этаж включал большую столовую с кладовыми, на третьем этаже находился зал с балконом.

Важную группу составляли постройки для хранения съестных припасов, ценного имущества, оружия. Они возводились на фундаментах из бревен или брусьев, накрывались дранкой, гонтом, соломой и редко имели сложные ломаные кровли. Обязательными элементами были крытое крыльцо в нижнем и галерея с балюстрадой в верхнем ярусе. На галерею с улицы вела открытая лестница. Лямусы обычно представляли собой двухэтажные сооружения с арочными галереями в два яруса (рис. 4) [3].

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федорук, А.Т. Старинные усадьбы Берестейщины / А.Т. Федорук, Т.Г. Мартыненко. – 2-е изд. – Минск: БелЭн, 2004. – 576 с.
2. Трацевский, В.В. История архитектуры народного жилища Белоруссии: учеб. пособие для вузов / В.В. Трацевский. – Мн.: Выш. шк., 1989. – 191 с.
3. Якімовіч, А.Ю. Драўлянае дойдліства Беларускага Палесся: XVII–XIX ст. / А.Ю. Якімовіч. – Мн.: Навука і тэхніка, 1978. – 152 с.

УДК 721.011

**Войтович К.Л., Еехутич В.В.**

**Научный руководитель: Мордевилко В.И.**

#### УСТРОЙСТВО ЗЕЛЕННЫХ КРЫШ

Экологи бьют тревогу. Климат в промышленно развитых странах становится все суше и теплее, воздух – загазованнее и запыленнее. Города окутаны смогом. В таких условиях содержащиеся в атмосфере возбудители болезней и ядовитые вещества угрожают здоровью людей. Именно поэтому современные архитекторы напряженно работают над конструкцией такого жилища, в котором человек смог бы почувствовать себя защищенным от негативных воздействий окружающей среды.

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.

Однако озеленение крыши выгодно не только с экологической, но и с экономической точки зрения. В частности, крыша с травяным покрытием способствует сбережению теплоэнергоресурсов, позволяя значительно уменьшить температурные колебания в жилище, улучшает звукоизоляцию здания.

Своим высоким теплотехническим свойствам зеленая крыша обязана прежде всего воздушной прослойке, образующейся между стеблями растений.

В отличие от современных крыш, нагреваемых 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 кровли 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. Но и это еще не все.

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 м<sup>2</sup> 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.

### **Традиционная конструкция крыш с травяным покрытием**

Гармоничным сочетанием с окружающей средой старинные, большей частью крестьянские дома с озелененной крышей обязаны прежде всего натуральным строительным материалам. Несущая конструкция таких домов представляла собой каркас из толстых досок или бревен, на который и опиралась стропильная конструкция. Подобная конструкция домов была широко распространена в XVIII–XIX вв.

Крыши, на которые высаживали травы и дикорастущие цветы, делались как с вертикальными, так и с наклонными стропилами.

Напомним, что всячие стропила соединены друг с другом в районе конька и не имеют иных опор, кроме верхнего венца стен (верхней обвязки для каркасного строения). Крыши с наклонными стропилами характерны наличием продольных балок (прогонов), которые расположены параллельно боковым свесам крыши и соединены с фронтонами. Обе конструкции имеют свои достоинства и недостатки. Например, основное достоинство всячих стропил в том, что они передают на стены только вертикальное давление. Кроме того, эта конструкция более проста.

Однако в наибольшей степени требованиям статики отвечает комбинированная несущая конструкция крыши, которая в состоянии выдержать достаточно высокие нагрузки (ветровые, снеговые, а также собственный вес). Именно такая несущая конструкция и считалась наиболее пригодной для озеленения.

Традиционно подлежащую озеленению крышу старались делать не слишком крутой, чтобы не сползла березовая кора и уложенные на нее дернины. В то же время вода должна быстро стекать по коре, а значит крышу нельзя делать и слишком пологой.

Так, при возведении крыш сисячими стропилами длину стропил брали равной 3/5 от ширины дома. В этом случае наклон скатов крыши составлял 33°.

При сооружении крыши с наклонными стропилами наклон скатов определяли по отношению высоты крыши в коньке к ширине дома.

Например, при наклоне скатов 22° этот параметр составляет 1/5. При устройстве крыш с травяным покрытием руководствовались и другими нормативами.

Заметим, что согласно рекомендациям современных специалистов оптимальный наклон скатов крыш с травяным покрытием составляет 20–27°. В регионах же, где выпадает большое количество осадков, не рекомендуется строить озеленяемые крыши с наклоном скатов менее 18°. Кроме того, при наклоне скатов более 23° следует принимать дополнительные меры, предотвращающие сползание дерна вниз.

Наконец, еще один важный показатель – несущая способность конструкции, которая в соответствии со строительными нормативами должна выдерживать нагрузку, равную 300 кг/м².

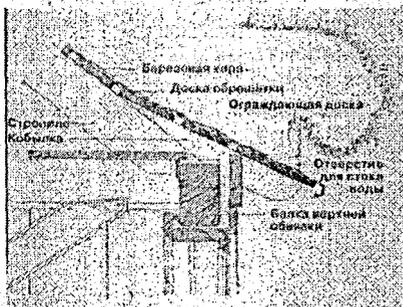


Рисунок 1 – Разрез травяной крыши (зона свеса)

собственный вес зеленой крыши составляет порядка 250 кг/м². А это значит, что сдвигающая нагрузка (особенно у крыш с более крутыми скатами) способна сместить вниз все травяное покрытие. Чтобы этого избежать, непременно конструктивным элементом зеленых крыш были ограждения. Их функцию традиционно выполняли уложенные по свесам дерноограждающие брусья или доски – так называемые дернодержатели.

В то же время при устройстве травяного ковра нужно было обеспечить беспрепятственный сток дождевой воды со скатов крыши. Для этого следовало не только правильно выбрать форму дернодержателей, но и соответствующим образом прикрепить их к обрешетке.

Полосы березовой коры укладывали с напуском друг на друга. В зоне свеса их настилали в 5–8 слоев. При этом выпущенные из-под ограждающего бруса и напущенные на него полосы укладывали наружной стороной вверх. Делалось это для того, чтобы обеспечить эффективный отвод воды и защитить от увлажнения дернодержатель и концевые части досок обрешетки. Кроме того, кора, уложенная наружной стороной вверх, – важный декоративный элемент зеленой крыши.

Чтобы увеличить срок службы крыши, на остальной ее части кору укладывали наружной стороной вниз, поскольку внутренняя ее сторона обеспечивает более эффективную защиту обрешетки от содержащихся в почвосмеси гуминовых кислот.

### Конструктивные элементы традиционных крыш с травяным покрытием

Устройство крыши с травяным покрытием традиционно (рис. 1). Это несущая стропильная конструкция и обрешетка из необрезных досок, поверх которых укладывали дерн.

Вместо широко применяемой сегодня гидроизоляции из рулонных битумных или других материалов на обрешетку настилали слой березовой коры, поверх которого и укладывали в два слоя дерн или же отсыпали почвосмесь для засева ее семенами трав.

Однако прежде чем коснуться технологии укладки коры и дернин, следует отметить, что

## Ограждающие элементы из брусьев и кругляка

На рисунках показано традиционное исполнение ограждения и варианты его крепления.

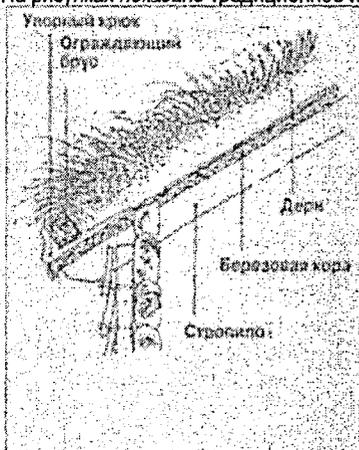


Рисунок 2 – Ограждающий брус, удерживаемый упорным крюком, который закреплен поверх решетки



Рисунок 3 – Дернодержатель, закрепленный с помощью нагеля сбоку свеса

Ограждающие элементы других исполнений представлены на рис. 2–3.

Например, при креплении упорного крюка поверх обрешетки (см. рис. 2) между березовой корой и дернодержателем образуется пространство, обеспечивающее эффективный отвод воды.

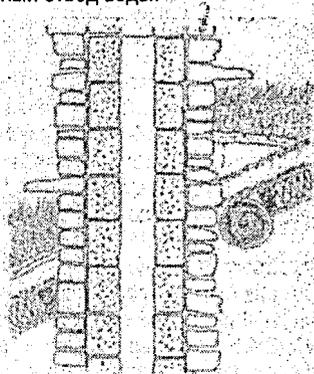


Рисунок 4

плиты со стороны скатов располагали ступенчато, что способствовало более эффективному отводу от стенок трубы дождевой или талой воды.

Интересным представляется и решение, показанное на рис. 3. Здесь ограждающий брус прикреплен сбоку, с отступом в 5 см от края свеса, что тоже обеспечивает быстрый сток воды.

Во всех этих случаях дернодержатели защищены березовой корой. Сама же зона свеса укрыта корой в несколько слоев.

Слабое место крыши с травяным покрытием — проемы (в частности, для дымовых труб). Чтобы избежать стока воды по стенкам трубы внутрь дома, в ее кладку замуровывали каменные плиты, выступающие за пределы трубы (рис. 4 «Современное исполнение»).

Одновременно под эти плиты клали листы березовой коры, отводившие поток воды на крышу. Каменные

## Заключение

Подводя итог всему вышеизложенному, хочется подчеркнуть: ежегодно человечество, стремясь улучшить условия своего пребывания на планете Земля, отнимает примерно до 0,0031 % ее суши (отчет ЮНЕСКО 1999 год). Освоенные территории, на которых в

основном ведется активное многоэтажное жилищное строительство, увеличивают площади городов и поселков, навсегда отнимая эти земли у пока единственных генераторов необходимого нам кислорода – растений. Воссоздавая утраченный растительный мир на крыше, мы помогаем воссоздавать жизнь на Земле.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нойферт, Э. Строительное проектирование: учебник для вузов – М.: Стройиздат, 1991.
2. Крыша в деталях // Приватный дом. – 2011. – № 1. Спецвыпуск.

УДК (063.3)

**Желудко А.А.**

*Научный руководитель: ст. препод. Воробей А.В.*

### БРЕСТСКИЙ УКРЕПРАЙОН

Находясь на стыке русских, польских и литовских земель, Брест имел большое военно-стратегическое значение, что не раз становилось причиной споров за владение им. Это обусловило активные работы по его укреплению фортификационными сооружениями, которые являются неотъемлемой частью нашего историко-культурного наследия.

#### История оборонительных сооружений Бреста с XXI по нач. XIX века

Городище Берестья состояло из детинца треугольной в плане формы, площадью около 1 га, укрепленного с напольной стороны рвом, земляным валом и частоколом, и окольного города (посада), который находился напротив детинца на острове. В XII в. здесь построен деревянный замок. Во 2-й половине XIII в. Берестье владел волынский князь Владимир Василькович, при котором на территории замка в 1276–1288 гг. построен (столп камен) – каменная башня-донжон.

По данным 1566 г., город состоял из 3 основных частей: замка, "места" – основной городской территории, расположенной на острове образованном Зап. Бугом и Мухавцем (тут была торговая площадь с ратушей и лавками, каменными зданиями монастырей иезуитов, базилиан, бернардинцев, униатской церкви, синагоги) и "Замухавець" – на правом берегу Мухавца.

В связи с пограничным размещением город часто был объектом междоусобной борьбы и военных столкновений, переходил из рук в руки, не раз был разграблен и разрушен, что привело во 2-ой половине XVII – 1-ой половине XVIII вв. к резкому экономическому спаду. В конце XVIII в. в городе 3,5 тысяч жителей. В 1795 г. Брест-Литовск в составе западных белорусских земель присоединен к России.

#### Брестская крепость и ее укрепления

Благодаря своему расположению, Брест занимал важное стратегическое место в системе обороны западной границы Российской империи. В 1833 был утвержден план Оппермана по строительству крепости на месте старого города, что требовало переселения жителей за пределы крепости. 26 апреля 1838г. она вошла в число 44 штатных российских крепостей.

Крепость была возведена на четырех островах, образованных рукавами рек Мухавец и Западный Буг и системой искусственных обводных каналов. Общая длина оборони-



План Брестского замка, 1657 год

тельной линии составляла 6,4 км и состояла из ряда фортов с рavelинами. Цитадель крепости находилась на центральном острове и была образована замкнутой двухэтажной казармой общей длиной около 1,8 км высотой 16 м. 500 казематов позволяли разместить около 12000 солдат с необходимым снаряжением, запасом продовольствия и госпиталем. Крепость имела на вооружении 757 орудий.

В 1864 г. началась поэтапная реконструкция крепости. Был применен принцип строительства фортов (впервые в России). В результате было построено кольцо из девяти фортов с номерами от I до IX и форт «Граф Берг». Форты располагались на расстоянии 3,5–4 км от Цитадели и примерно на таком же расстоянии друг от друга. Длина фортового обвода составила 30 км. В каждом форту можно было разместить 250 человек гарнизона и до 20 орудий.

Однако развитие артиллерии и другие достижения военного искусства дали толчок к совершенствованию крепостных сооружений. 10 фортов нового пояса получили литерное именование. Также были начаты работы по строительству холодильника крепостного типа в форте «Граф Берг», рассчитанного на 100 тыс. пудов мяса и 2 млн. порций мясных консервов. В фортовой обвод введены и так называемые вспомогательные укрепления: оборонительные казармы и пороховые погреба. К концу 1914 года на большинстве фортов основные работы были закончены. Не были построены промежуточные форты «М» и «Н».

К августу 1915 года крепость являлась наиболее подготовленной к боевым действиям из всех крепостей России. Однако крепость практически не имела беспособного гарнизона для ведения борьбы в осаде. Поэтому российское командование приняло решение оставить крепость и взорвать укрепления. Однако удалось значительно разрушить лишь литерные форты северо-восточного сектора. Остальные форты и цитадель пострадали незначительно. В ночь с 12 на 13 августа австрийские войска заняли крепость и город.

С началом Второй мировой войны крепость вновь участвовала в боевых действиях, когда польские войска в течение трех дней оказывали сопротивление немецким войскам Гудериана. В свой последний и самый трагический бой Брестская крепость вступила утром 22 июня 1941 г.

В результате участия крепости во Второй мировой войне она сильно пострадала. Поэтому после войны крепость оказалась заброшенной и подверглась еще большему разрушению, поскольку в тяжелое послевоенное время она служила для местных жителей источником строительных материалов.

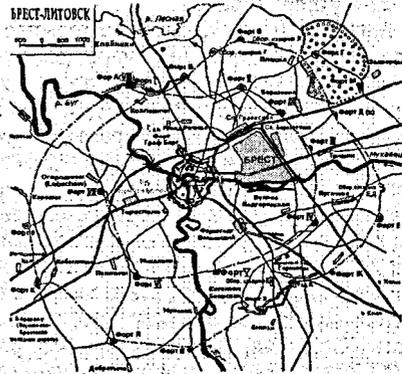
В настоящее время на территории Беларуси сохранились 6 фортов Брестской крепости:

Форт «Граф Берг» – занят сейчас брестским мясокомбинатом. Интересно, что построенный там в нач. XX века холодильник для мяса используется по прямому назначению.

Форт V – расположен примерно в 1200 метрах западнее деревни Аркадия. Сохранился полностью, но был перестроен в начале XX века. На нём устроен музей фортификации и военной техники.

Форт А, I, 3, Б доступны для посещения, запущены и замусорены.

До нашего времени сохранились также три оборонительные казармы и как минимум четыре пороховых погреба (один полуразрушен). Пороховой погреб №4 построен в



"Фортовые кольца" 1914 год

1912–1915 годах на расстоянии трех километров на юго-восток от Брестской крепости, в д. Аркадия. Пороховой погреб №3 построен в 1912–1915 годах на расстоянии трех километров восточнее Брестской крепости, на ул. 28 июля (день освобождения Бреста). Сохранился практически без повреждений. Несколько лет назад на площадке перед ним построили рынок "Старый город", а внутри самого погреба разместили магазины. Существует множество легенд о подземных ходах, якобы соединяющих форты и прочие укрепления между собой и с Цитаделью крепости, но подавляющее большинство их абсолютно беспочвенны.

По сути, современному исследователю доступны лишь незначительные остатки фортового обвода Брестской крепости, сохранившиеся в самом неприглядном состоянии.

### 62-й укрепрайон

Летом 1940 г. началось строительство 62-го Брестского укрепленного района. Долговременные сооружения возводились по восточному берегу Западного Буга непосредственно вдоль границы. Причем взаимное расположение укрепленных районов и районов дислокации войск не обеспечивало в случае внезапного нападения противника своевременного занятия укреплений не только полевыми частями, но и специальными урвскими подразделениями. Полоса предполья, вследствие того, что сооружения строились по берегу реки, не создавалась. К тому же, копируя начертания границы, оборонительные позиции закрепляли невыгодную для обороны группировку советских войск, особенно в Белостокском выступе. Все это придавало «линии Молотова» несколько бутафорский характер.

ДОТы представляют собой двухэтажные коробки из железобетона, размещенные в земле по самые амбразуры. Верхний каземат разделялся перегородкой на два капонира. На двух уровнях идентичной планировки размещались галерея, специальный тамбур, отводящий от броневой двери взрывную волну, газовый шлюз, хранилища боезапаса, казарма на несколько коек, загородки для рации, артезианского колодца, туалета. В одном из отсеков были энергоагрегаты и фильтрационные установки. Наверху в капонирах устанавливались казематные пушки с укороченными стволами или пулеметами. Толщина стен составляла 1,5–1,8 м. Толщина перекрытия достигала 2,5 м, оно было рассчитано на прямое попадание 250-килограммовой авиационной бомбы.

К началу войны в боевой готовности были только 23 долговременные огневые точки. Пехотное прикрытие отсутствовало, поэтому свою роль 62-й УР не сыграл. Отдельные ДОТы сопротивлялись до семи суток, но серьезно повлиять на ход военных действий, конечно же, не смогли.

### Заключение

Современное состояние фортов и дотов даже описывать стыдно. Многие из них превращены в свалку для мусора, некоторые «оккупированы» организациями под склады, остальные заброшены и постепенно разрушаются. Борьбаться с этим, похоже, никто и не пытается. Кстати, у нас в Беларуси укрепрайоны разбросаны практически по всей территории, и, насколько нам известно, везде ситуация приблизительно такая же. Если старые укрепления привести в порядок, здесь можно устроить туристический маршрут, провести интереснейшие исследования. Ведь доты – не только памятники фортификации,



62-ой Брестский УР

это неизвестная часть истории страны, не менее важная, чем средневековые замки. Белонная армия на Буге сражалась не хуже любой другой, так что вспоминать о ней следует не только перед круглыми датами.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пивоварчик, С.А. Белорусские земли в системе фортификационного строительства Российской империи и СССР (1772–1941) – Гродно: ГрГУ, 2006.
2. Тадра, В. Краткий анализ немецких фортификационных сооружений ПМВ на территории Беларуси (по результатам полевых исследований) – [www.fortress.by](http://www.fortress.by).
3. Статья «Фортификация» – [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
4. Бешанов, В.В. Брестская крепость. – Мн., 2004.
5. Памяць. Брэст: в 2 т. – Мн., 1997.
6. Смирнов, С.С. Брестская крепость. – М., 1965.

УДК 69.003(075)

**Жукова М.Н.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Белоглазова О.П.**

### АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ КАПИТАЛЬНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Строительство – важнейшая отрасль экономики республики, является многопрофильной и многофункциональной структурой. Отрасль объединяет более 4-х тысяч субъектов хозяйствования различных форм собственности, в том числе: 109 строительных трестов и объединений, 200 предприятий промышленности строительных материалов и стройиндустрии, 40 проектных институтов; 20 научно-исследовательских и конструкторско-технологических организаций. Численность работающих на предприятиях Министерства архитектуры и строительства превышает 180 тыс. чел., а всего в строительном комплексе работает около 400 тыс. чел.

Развитие отрасли характеризуют многие показатели, анализ некоторых из них был выполнен на основании статистических данных в период с 2003 по 2008 годы.

На первом этапе проанализируем изменение количества строительных организаций.



**Рисунок 1 – Количество строительных организаций (всего) в период с 2003 по 2008 год (на конец года, единиц)**

Из гистограммы видно, что количество строительных организаций увеличилось с 4261 до 6184. Наиболее интенсивный рост наблюдается в 2007 году, их количество возросло почти на 1000 предприятий. Это свидетельствует о росте потребности в выполнении строительных работ, о создании новых рабочих мест. Следовательно, развитие строительной отрасли обеспечило рост доходов и занятости населения Республики Беларусь.

Увеличение количества строительных организаций привело к росту объемов подрядных работ.

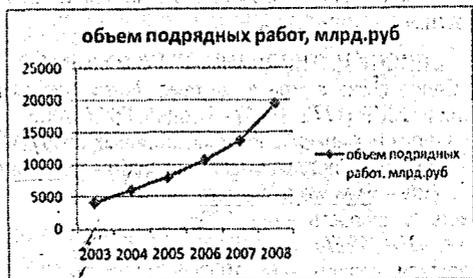


Рисунок 2 – Объем подрядных работ, выполненных строительными организациями

Объемы подрядных работ, выполненных строительными организациями республики в 2003 г., составили 4144,6 млрд. руб. и увеличились до 19439,6 млрд. руб. в 2008 г. За указанный период времени они увеличились практически в 5 раз. Это свидетельствует о высоких темпах развитии строительной отрасли.

Интерес представляет информация о распределении строительных организаций по формам собственности.

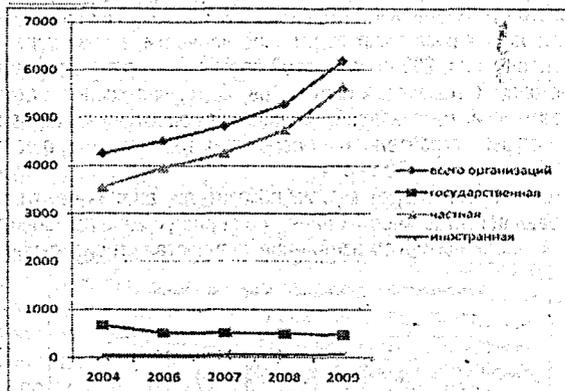


Рисунок 3 – Распределение строительных организаций (всего) по формам собственности

Необходимо отметить, что в Республике Беларусь преобладают строительные организации частной формы собственности, количество которых возросло почти в 2 раза, с 3547 по 5639. Наблюдается также устойчивая тенденция сокращения предприятий государственной формы собственности: на 1 января 2004 года их насчитывалось 672, а к 1 января 2009 года осталось 478, что свидетельствует о происходящих процессах разгосударствления и приватизации предприятий, что в целом положительно сказывается на становлении рыночных отношений.

Количество предприятий иностранной формы собственности практически не изменяется.

На следующем этапе произведем анализ данных о распределении строительных организаций по численности работников.

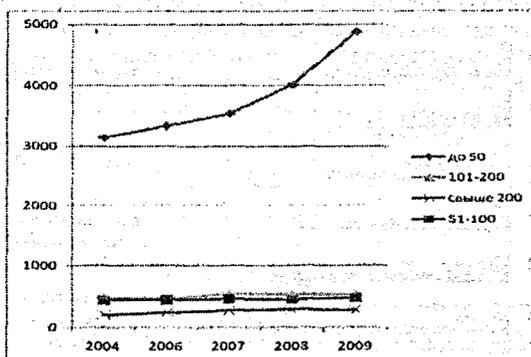


Рисунок 4 – Распределение строительных организаций (всего) по численности работников

Необходимо отметить, что в общем количестве строительных организаций наибольшее число составляют организации с численностью работников до 50 чел., на 1 января 2009 года их насчитывалось 4733. Небольшие строительные организации могут быстрее адаптироваться к изменяющимся требованиям рынка, а значит, они являются более конкурентоспособными. Небольшой рост так же наблюдается у организаций с числом работников свыше 200.

Далее проанализируем структуру себестоимости строительных организаций.

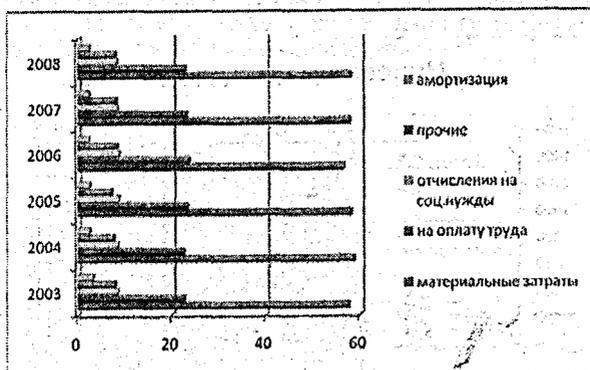


Рисунок 5 – Структура затрат на производство работ в строительных организациях (в процентах к итогу)

В строительстве удельный вес материальных затрат имеет наибольшее значение, что является закономерным и связано с особенностями строительной продукции. На втором месте находятся затраты на оплату труда работников, т.е. создание строительной продукции является трудоемким процессом.

Строительные организации обладают имуществом, в состав которого входят основные средства. Проанализируем изменение структуры основных средств строительных организаций Республики Беларусь.

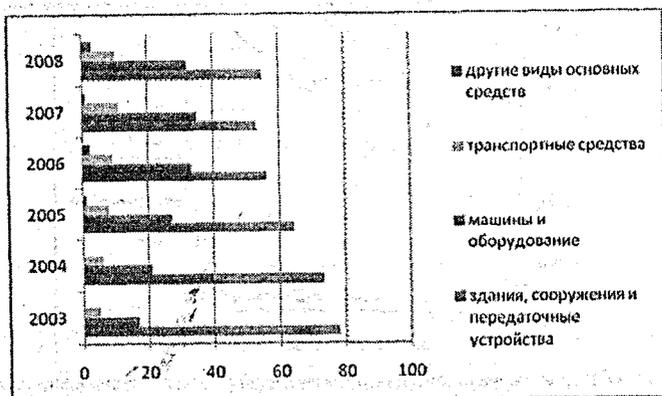


Рисунок 6 – Структура основных средств

Из гистограммы видно, что больший удельный вес приходится на здания, сооружения и передаточные устройства, т.е. на пассивную часть основных средств. За данный промежуток времени наблюдается рост активной части (машины и оборудование, транспортные средства) и снижение доли пассивной части основных средств, что свидетельствует об обновлении материально-технической базы.

На обновление производственной базы были направлены значительные финансовые ресурсы.



Рисунок 7 – Объемы инвестиций на развитие производственной базы строительных организаций Республики Беларусь

Из гистограммы видно, что на конец 2003 года инвестиции составляли 182,6 млрд. руб., а к концу 2008 года их количество возросло до 1596,6 млрд. руб. Это свидетельствует о высоких темпах развития производственной базы строительных организаций, вызванных увеличением количества строительных организаций.

Однако анализ инвестиционных процессов в строительном комплексе свидетельствует о недостаточности в настоящее время инвестиционных ресурсов для интенсификации строительства и обеспечения устойчивого развития строительного комплекса республики в условиях конкуренции на внутреннем и внешнем рынках.

Дальнейшим качественным этапом развития строительства должна стать комплексная механизация, при которой механизуются как основные, так и вспомогательные трудоемкие процессы и операции данного вида работ с помощью основных и вспомогательных машин. Проанализируем наличие машин в строительных организациях Республики Беларусь.

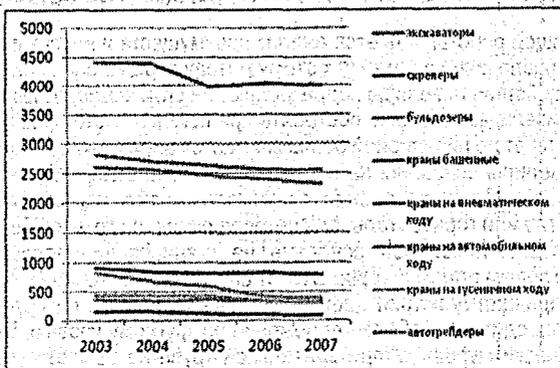


Рисунок 8 – Наличие машин в строительных организациях (на конец года, штук)

Подавляющее количество технологического оборудования, составляющего активную часть основных фондов предприятий строительной индустрии Республики Беларусь, создавалось и вводилось в эксплуатацию в 70–80 гг. прошлого столетия.

Износ оборудования, техники и технологической оснастки отечественных организаций по отдельным позициям достигает 70–90%, что приводит к повышенной затратности (в первую очередь по удельному энерго- и ресурсопотреблению).

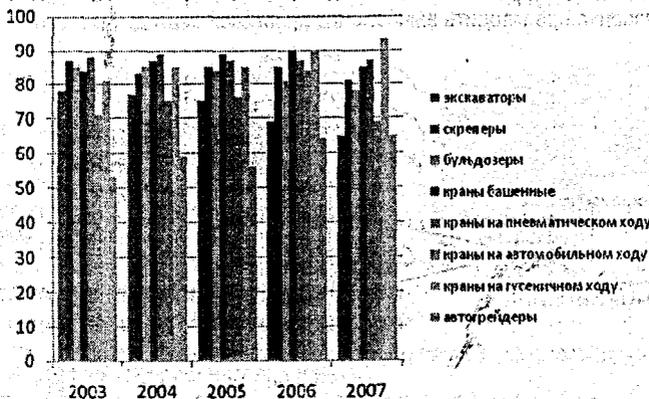


Рисунок 9 – Состояние парка основных строительных машин в подрядных организациях с полной балансовой стоимостью (на конец года, в процентах к итогу)

Указанную отрицательную тенденцию в последние годы удалось частично преодолеть за счет привлечения в процесс модернизации производства централизованных бюджетных и внебюджетных источников финансирования, более активного использования амортизационных накоплений, части прибыли организаций и относительно доступных кредитных ресурсов.

### ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ЦИФРОВОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

Целью настоящей работы является анализ преимуществ и недостатков цифрового нивелирования и привлечение внимания к этому методу определения разности высот точек.

По принципу действия нивелиры подразделяют на оптические, лазерные и цифровые.

Оптические нивелиры способны построить при помощи системы линз горизонтальный визирный луч. Отсчет по нивелирной рейке снимается визуально при помощи сетки нитей.

Лазерные нивелиры основаны на использовании в нивелире оптического квантового генератора (лазера). При пересечении с плоскостью рейки на ней высвечивается красное световое пятно или горизонтальная световая линия, по которой берут отсчет.

Работа цифровых нивелиров основана на сканировании полосы инвара штрих-кодовой рейки угловым полем зрения. Отсчет снимается сенсорно.

Рассмотрим принцип действия цифрового нивелира. Как и оптический прибор, цифровой прибор приводится в рабочее положение по круглому уровню. Цифровых нивелиров с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе не бывает – все они оснащены компенсатором. Наблюдателю необходимо наводить зрительную трубу прибора на специальную штрих-кодую рейку и добиваться четкости изображения. На этом участие человека в нивелировании исчерпано.

Цифровой нивелир определяет превышение самостоятельно, без участия наблюдателя, обработав снятое с инвара рейки закодированное штрих-кодом изображение микропроцессором по алгоритмам, встроенным в нивелир. Только затем можно вычислить расстояние до рейки (большинство цифровых приборов поддерживают данную функцию). При наличии в цифровом нивелире встроенного программного обеспечения, он способен мгновенно производить вычисление превышений и т.д.

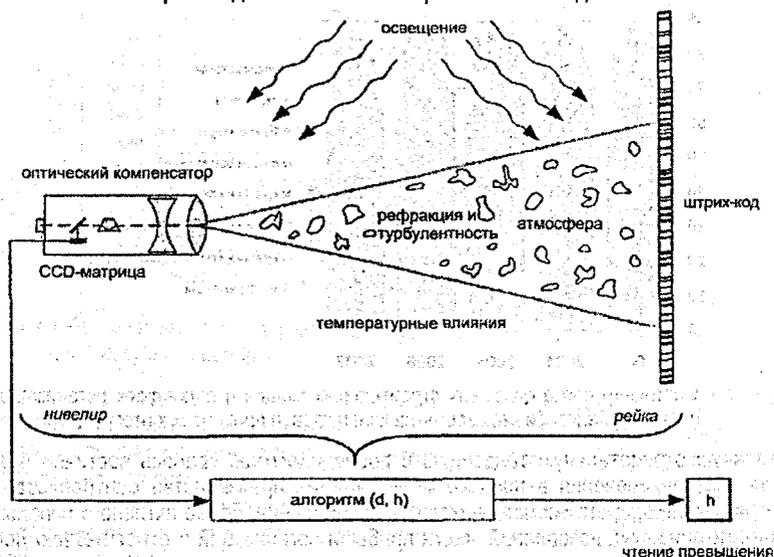


Рисунок 1 – Измерительная система на основе цифрового нивелирования

Далее рассмотрим цифровые нивелиры разных фирм производителей и сравним их технические характеристики.

Нивелиры фирмы **Leica (Швейцария)**:

- **DNA03** производит измерения превышений с точностью 0,3 мм на 1 км двойного хода;
- **DNA10** измеряет превышения с точностью 0,9 мм на 1 км двойного хода.

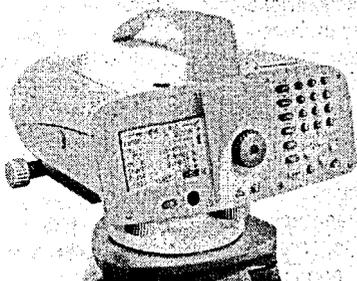


Рисунок 2 – Цифровой нивелир DNA03

**DNA03** способен вводить автоматическую компенсацию измерений за влияние температуры.

Автоматические цифровые нивелиры фирмы **Trimble (США)** предназначены для простой и производительной работы, особенно для создания высотного обоснования. Сфера их применения – от обычного нивелирования до высокоточных методик слежения за деформациями. Нивелиры Trimble DINI предоставляют возможность осуществлять и записывать точные измерения высот за минимальное время. В Trimble DINI используют карты памяти (256 Кб, 512 Кб, 1 Мб, 2 Мб, 4 Мб, 8 Мб) для хранения и передачи данных.

Нивелиры фирмы **Trimble (США)**:

- **DINI 0.3** точность 0,3/1,0 мм на 1 км двойного хода;
- **DINI 0.7** точность 0,7/1,3 мм на 1 км двойного хода.

Нивелир **DINI 0.3** подходит для точных электронных измерений превышений и расстояний. Нивелир **DINI 0.7** создан для инженеров, контролирующих высоты. Он является экономичным решением тех задач, которые не требуют высокой точности.

Некоторые особенности приборов: *память на PC картах; малое время измерений; для измерений требуется только 30 см рейки.*

Также рассмотрим японский нивелир **Sokkia SDL30M** (точность измерения превышений на 1 км двойного хода 1,0 мм).

Электронный нивелир фирмы **Sokkia SDL30M** сочетает удобство и простоту эксплуатации и легкость в освоении. Для выполнения измерений пользователю достаточно навестись на рейку и нажать всего одну клавишу, после чего нивелир вычислит превышение и измерит расстояние. Результаты измерений выводятся на экран и могут быть сохранены в памяти прибора.

Нивелир **SDL30M** неприхотлив к условиям наблюдений и может использоваться в неблагоприятных условиях, таких как неравномерное освещение, конвекционное движение

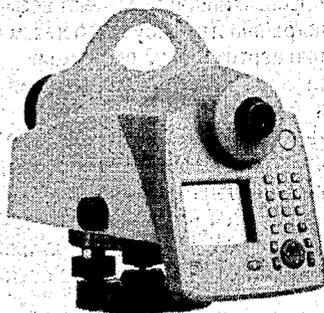


Рисунок 3 – Цифровой нивелир DINI 0.3

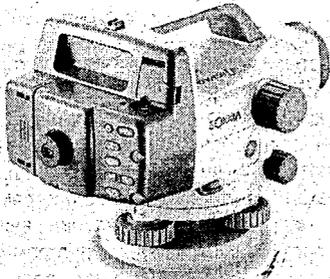


Рисунок 4 – Цифровой нивелир Sokkia SDL30M

воздуха и вибрация. Также нивелир позволяет выполнять измерения не только по штрих-кодовой рейке, но и по обычной нивелирной рейке, что значительно расширяет возможности использования прибора.

Цена цифровых и оптических нивелиров в большей степени зависит от их точностных характеристик. При этом цена оптических моделей ниже, чем цена цифровых моделей с аналогичной погрешностью. В этом и состоит один из недостатков цифрового нивелирования.

Проанализируем погрешности, возникающие в процессе нивелирования. К ним можно отнести погрешности прибора, личные погрешности наблюдателя, погрешности, обусловленные влиянием внешних условий.

Погрешности бывают случайного либо систематического характера. Большинство погрешностей прибора и погрешностей, обусловленных влиянием внешних условий, носит систематический характер. Погрешности наблюдателя чаще являются случайными.

Погрешности прибора обусловлены их точностными характеристиками. Точность снятия отсчетов по рейке цифровыми нивелирами позволяет производить нивелирование всех классов.

Субъективные ошибки наблюдателя при цифровом нивелировании отсутствуют, так как способ взятия отсчета по рейке – сенсорный. Наблюдатель принимает участие только в наведении прибора на рейку и в настройке четкости изображения.

Цифровые нивелиры имеют возможность многократного и быстрого снятия отсчетов.

К погрешностям, обусловленным влиянием внешних условий, прежде всего относится влияние вертикальной рефракции.

При выполнении нивелирования оптическими нивелирами отсчет по рейке производится горизонтальной визирной осью  $Oc$ . В этом случае влияние вертикальной рефракции на отсчет будет происходить по направлению визирной оси. Если же нивелирование выполняется цифровым нивелиром, то штрих-код считывается угловым сектором  $\alpha$ , образованным целым пучком визирных лучей. В этом случае лучи образующие угол  $\alpha$ ,  $Oa$  и  $Ob$  находятся на разных высотах относительно подстилающей поверхности (рис. 5). Следовательно, влияние рефракции на визирный луч  $Oc$  оптического прибора (рис. 6) и на целый пучок лучей углового сектора естественно будет различным.

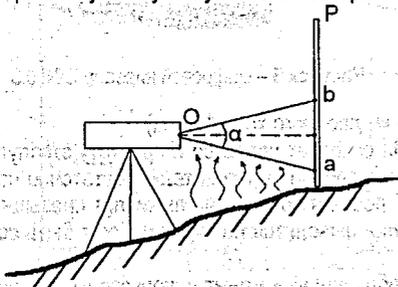


Рисунок 5 – Цифровой нивелир

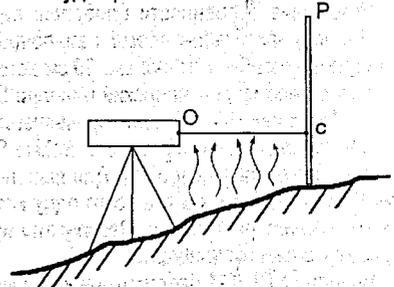


Рисунок 6 – Оптический нивелир

По результатам исследований, проводимых в данной области, выяснилось, что при выполнении нивелирования цифровыми приборами влияние рефракции оказалось в порядок меньшим, чем влияние все той же рефракции на оптический прибор.

**Другие особенности цифровых нивелиров:**

- Программное обеспечение ряда цифровых нивелиров нуждается в адаптации к отечественной инструкции по нивелированию - это является существенной помехой в автоматизации процесса определения превышений для отечественных нивелирных работ.
- В комплект цифрового нивелира зачастую входят рейки с наличием только одной основной шкалы, а в инструкции по нивелированию сказано, что отсчеты берутся по двум шкалам инварной рейки. Но эта проблема вскоре была решена, так как стали выпускаться двухсторонние штрих-кодовые рейки. Выход из ситуации можно найти даже в том случае, если используется односторонние штрих-кодовые рейки. Два отсчета получают путем изменения высоты инструмента.
- Важной особенностью цифрового нивелира является то, что данный прибор способен определять расстояние до рейки. Как известно, при выполнении высокоточного нивелирования должно соблюдаться равенство плеч на станции (для того, что бы избежать влияния погрешностей, вносимых углом  $i$  и рефракцией). Для этого в бригаде, проводящей высотное обоснование местности с помощью оптического нивелира, имеется два замщика расстояний от нивелира до реек. При использовании цифрового нивелира данная необходимость отпадает, что позволяет сократить бригаду на два человека. Более того, запись превышений производится автоматически, как следствие, отпадает необходимость в помощнике. Итак, *используя цифровой нивелир, можно сократить бригаду на 3 человека.* Более того, было статистически подсчитано: за счет того, что при использовании цифрового нивелира автоматически определяются расстояния до реек, записываются отсчеты, вычисляются превышения и т.д., время работы на станции сокращается на 50%.

Таким образом, внедрение в производство цифрового нивелира позволяет повысить производительность работ, при этом уменьшив состав бригады на три человека. С уменьшением времени работы на станции уменьшается влияние на результат измерений оседания штатива и костылей. Но, безусловно, главным преимуществом при использовании цифрового прибора является то, что из отсчета исключается субъективная ошибка наблюдателя. Как следствие – возможность многократного взятия отсчетов.

Если же говорить о недостатках цифрового нивелира, то по-существу их два. Но более высокая цена по отношению к оптическим приборам легко может быть компенсирована сокращением состава бригады и сокращением времени на выполнение работ. Что касается расхождения алгоритмов вычисления превышений с принятыми в действующей инструкции по нивелированию [1], то отсутствие обратной стороны штрих-кодовой рейки можно компенсировать, получив два превышения за счет изменения высоты прибора. А неоднозначность из-за порядка снятия отсчетов при использовании встроеного программного обеспечения (ПО) импортных нивелиров решается тем, что данные из памяти нивелира легко переносятся в память персонального компьютера, при помощи которого можно посчитать превышения по любой из программ.

#### **СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. – М.: Недра, 1990.
2. Маилян, Л.Р. Справочник современного изыскателя. – М.: Высшая школа, 2006.
3. Поклад, Г.Г. Геодезия: учебное пособие для ВУЗов / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев – М.: Высшая школа, 2007.

4. Соболева, Е.Л. Разработка и совершенствование методики высокоточного нивелирования с применением цифровых нивелиров. – Автореферат кандидатской диссертации. – М., 2008.
5. <http://www.sokkia.net/>
6. <http://www.trimble.com/>
7. <http://www.leica-geosystems.com/>
8. <http://www.geototal.ru/>

УДК 721.011.72

**Изובה Е.А.**

**Научный руководитель: ст. пр. каф. АПиР Мирончук Г.В.**

### **АТРИУМЫ В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ**

Цель настоящей работы – проследить этапы формирования атриумного пространства в разные периоды развития строительных технологий и социально-экономических изменений в обществе в зданиях разного функционального назначения; определить основные функциональные особенности атриума и признаки-отличия от основных прототипов; дать общее определение понятию «атриум» в высотном здании.

Атриумные пространства – составная часть большинства современных престижных общественных зданий. Сегодня они занимают главенствующее место в структуре любого значительного делового или торгового центра.

Идея атриума является одной из древних и ведет свою историю со времен Месопотамии, где в XII веке до н.э. возникли первые жилые здания с центральными внутренними дворами. Между V и II веками до н.э. на территории Древней Греции появляются первые атрии – открытые внутренние дворики, окруженные колоннами и сообщавшиеся с периферийными жилыми пространствами.



**Рисунок 1** – Вилла Стабия, I в.н.э. Италия

Классическая концепция атриума сложилась в архитектуре римлян в III веке до н.э. Атриум представлял собой центральную часть жилого дома с проемом в крыше прямоугольной формы, вокруг которого формировалась композиция жилища. В дальнейшем прототипами современных атриумов являлись ближневосточные дворы, древнеримские форумы, храмы и театры. Можно предположить, что наибольшее сходство с пространственными решениями современных атриумов обнаруживается во внутренних дворах средневековых королевских резиденций и итальянских палаццо (рис. 1). Крыши таких дворов были закрытыми, их форма приближалась к квадрату.

С началом промышленной революции, развитием конструкций из стекла и металла возникают новые типы общественных пространств – оранжереи и павильоны промышленных выставок, перекрытые большепролетными остекленными кровлями в сочетании с ажурными конструкциями [1, С. 11].

Наиболее ранним примером, отвечающим основным признакам современного атриума, является построенное в 1841 г. архитектором Сэром Чарльзом Берри здание лондонского джентельменского «Реформ-клуба», в основе композиции которого лежат

форма и план римского палаццо Фернезе. Архитектор предпринял важный исторический шаг, перекрыв внутренний двор металлическим остекленным сводом – этим атриум отличался от палаццо. В здании отеля «Браун-Плэйс» в Денвере, построенном в 1893 г. архитектором Ф. Эдбруком, перекрытый светопрозрачной конструкцией атриум играет роль гигантской «гостиной» с проходами к спальным номерам по галереям. Значимыми постройками этого периода являются офисные здания «Ларкин Билдинг» (1904 г.) в Буффало и «Джонсон Вокс» (1936 г.) в Висконсин архитектора Ф.Л. Райта, в которых высокие внутренние пространства освещались с помощью верхнего света. Тогда же появились атриумы, соединяющие несколько отдельно стоящих зданий и преобразующие тем самым пространство между ними в крытые пешеходные зоны.

Широкое развитие эта идея приобрела после успеха проекта многофункционального комплекса «Пичтри-Сентер», построенного в 1967 г. в Атланта (США) архитектором Д. Портманом. Отель «Хайятт Ридженси» послужил антитезисом традиционного двукоридорного отеля. Цель проекта состояла в том, чтобы открыть интерьерное пространство, создать возвышающую динамичную среду. 22-этажная бетонная структура здания фигуративно «взорвана», раздвинута в стороны, в результате чего образовалось центральное пространство для огромного внутреннего двора – встроенного «закрытого» атриума, проходящего через весь объем здания и освещенного верхним светом (рис. 2).

Создание комфортной и привлекательной среды в высотных зданиях отелей достигалось и появлением более широкого спектра архитектурно-дизайнерских приемов: использованием элементов естественной природы – воды и растений, превращением панорамных лифтов в своего рода «кинетические скульптуры», воссозданием в интерьерах современных высотных зданий присущей античным восточным площадям атмосферы созерцания, общения и отдыха. В этом заключался эксперимент Д. Портмана, успех которого определил уникальность данной концепции и сделал ее популярной во всем мире.

С 70-х годов XX века атриумы начинают использовать в многофункциональных зданиях, таких как «Ай-Ди-Эс-Сентер» (1975 г., Миннеаполис, США, арх. Ф.Джонсон, Д. Берджи, Е. Бекер), «Креди-Лионэ» (1977 г., Лион, «Кассута Ассошиэйтс»), «Пэннзойл-Плэйс» (1976 г., Хьюстон, арх.Ф.Джонсон, Д. Берджи) [3]. В 1980 г. английским инженером и архитектором Терри Фарреллом и Рольфом Лебенсом была разработана концепция «буферного мышления», суть которой заключалась в том, что атриум служит буферной зоной между наружными и внутренними пространствами [4]. В 1986 г. были построены два самых высокотехнологичных офисных небоскреба с атриумами. Атриум в здании «Ллойдс Билдинг» в Лондоне архитектора Р.Роджерса формирует внутренний двор, освещенный сверху светопрозрачным арочным сводом, где эскалаторы, заключенные между массивных колон, вынесены в атриум здания и представляют некий гигантский механизм, точность которого определяют часы в виде башенки. В здании «Гон-

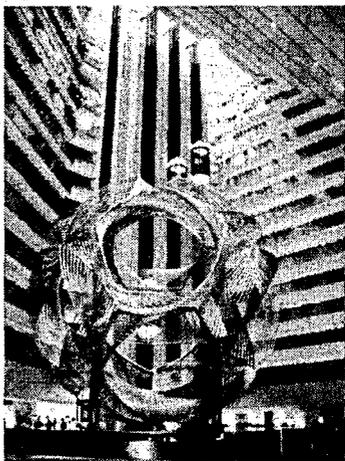


Рисунок 2 – «Хайятт Ридженси», Атланта, арх. Д. Портман

конгско-Шанхайского Банка» архитектора Н. Фостера атриум открытого типа, т.е. освещенный с обеих сторон, расположен в уровне 10 нижних этажей.

Другой фундаментальной концепцией, оказавшей влияние на развитие в области проектирования атриумов в высотных зданиях, стала социальная идея демократической общины – «офиса-города», которая впервые была использована скандинавскими архитекторами и застройщиками. Главным является наличие обширного центрального пространства, вокруг которого группируются рабочие кабинеты [5].

Эта концепция находит сегодня отражение в проектах высотных зданий, таких как «Европейский Центральный Банк» (2010 г., во Франкфурте-на-Майне, арх. бюро «Куп Химмельблау») с линейным атриумом, объединяющем два высотных объема здания; атриум, пристроенный к высотному объему здания «Административно-общественного центра Московской области» (2008 г., Москва, арх. М.Хазанов). Атриум в здании «Европейского Центрального Банка» ориентирован по оси восток-запад с целью получения максимального количества солнечных лучей и естественного света. Здесь буферное пространство атриума функционирует как «вертикальный город» (Vertical City), в котором при помощи соединительных платформ, расположенных на разных уровнях, создано подобие «микророда» с площадями, мостами и переходами.

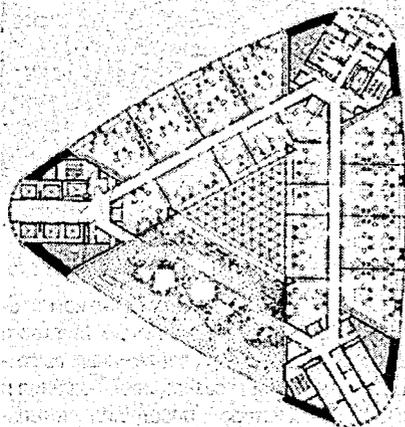


Рисунок 3 – План здания Commerzbank во Франкфурте-на-Майне, 1997 г., арх. Н. Фостер

В конце XX века широкое развитие высотного строительства требует особого внимания к вопросам сохранения окружающей среды. Высотные здания должны становиться энергоэффективными. Наиболее радикально новые требования отразились при проектировании атриумов в здании «Коммерцбанка» (1997 г., Франкфурт-на-Майне, арх. Н. Фостер). Система атриумов состоит из расположенных спирально по высоте здания, примыкающих к наружным стенам зимних садов и проходящего через весь объем здания центрального внутреннего атриумного пространства (рис. 3). При такой комбинированной системе (состоящей из ряда открытых и закрытого атриумов) создается перекрестная естественная вентиляция внутренних офисных помещений.

В дальнейшем этот механизм повторен и усовершенствован в проекте здания Лондонской «сигары» «Свис Ре» (2003 г., Лондон, арх. Н. Фостер), в котором каждый этаж имеет круглый периметр с вырезанными по нему шестью треугольными атриумами. За счет атриумов создан восходящий воздушный поток и рассеянный естественный свет между этажами, что позволило значительно уменьшить потребление энергии на кондиционирование и освещение.

Среди работ последних лет примечателен проект здания DG Банка в Берлине Френка О.Гери. Здесь лапидарное архитектурное пространство атриума буквально вскипает от натиска активной пластики экстраординарного объекта в виде головы лошади, подавляющего прочие элементы пространства. Или атриумная гостиная Бурж Аль Араб в Дубаих (проект компании Аткинс 2000 г.), в которой важнейшим пространствобразующим

элементом явился цвет интерьера и цветной динамичной подсветки ограждающего материала атриума.

Учет климатических особенностей атриума – главная стратегия создания самообеспечивающихся высотных зданий, эксплуатирующих энергию солнца и ветра, существующих в гармонии с природой. Примером является «Battersea Spark Plug» (проект 2014 г., Лондон, Р. Виньоле).

В заключение можно отметить основные этапы формирования атриумов в высотных зданиях.

По типу расположения в структуре высотного здания:

1. 1893–1936 гг. – атриумы с верхним освещением начинают использоваться в первых высотных зданиях в США, зарождается закрытый тип атриума в высотных зданиях;

2. 1966–1987 гг. – формируются основные типы пространственной организации атриумов в высотных зданиях:

- закрытый тип: атриум с верхним освещением, закрытый тип, состоящий из нескольких переходящих друг в друга объемов;

- открытый тип: атриум, освещенный с одной или нескольких сторон здания; объединяющий два или несколько высотных объемов; пристроенный; встроенно-пристроенный; атриумы, расположенные друг над другом в верхней и нижней частях здания, а также односторонний, двусторонний, трехсторонний атриумы.

3. 1987–2005 гг. – формируется комбинированный тип атриума в высотном здании, состоящий из системы открытых атриумов и центрального закрытого.

4. 2005 г. – до настоящего времени – проектируются новые типы открытых атриумов – односторонний, пристроенный по всей высоте к высотному объему здания; линейный на всю высоту здания; атриум сложной формы на всю высоту здания, состоящий из нескольких объемов, переходящих друг в друга.

По характеру пространства:

1. 1966–1987 гг. сложился характер атриумного пространства «городской площади – пьядца», объединяющей несколько объемов здания. Атриум играет роль «вертикального вестибюля», формируя вход в здание, освещая надземные и подземные этажи, объединяя пересадочные этажи вертикального транспорта, атриумы используются как «зимние сады».

2. 1987–2005 гг. – формируется характер атриумных пространств наподобие «вертикальных коммун-соседств», объединяющих группы помещений на разных этажах здания.

3. 2005 г. – до настоящего времени – проектируются атриумы наподобие «вертикального города», атриумы – «свето- и воздуховоды».

По использованию в высотных зданиях разного функционального назначения:

1. 1970-е гг. – в высотных зданиях отелей;

2. 1980-е гг. – в высотных многофункциональных и жилых зданиях;

3. 1990-е гг. – в высотных офисных зданиях;

4. конец 90-х – в супервысоких зданиях отелей и офисных зданиях;

5. начало 2000 г. – до настоящего времени – во многофункциональных, офисных, административных и жилых зданиях.

Данный анализ позволяет определить атриум в высотном здании как значительное по размеру многоуровневое пространство (объединяющее 2 или более этажей), расположенное в структуре высотного здания, развитое в вертикальном направлении и разделенное с внешней средой, пропускающей естественный свет ограждающей конструкцией.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Саксон, Р. Атриумные здания / Р. Саксон – М.: Стройиздат, 1987.

2. Земов, Д.В. Формирование архитектурной среды атриумных пространств общественно-торговых и деловых центров средствами мобильных компонентов: автореф. дис. ... канд. архитектуры: 18.00.01 / Д.В. Земов. – Екатеринбург, 2006. – 19 с.
3. Маклакова, Т.Г. Высотные здания / Т.Г. Маклакова. – М.: Ассоциации строительных вузов, 2006. – С. 48.
4. Васильев, Е.Н. Современные модели офиса / Е.Н. Васильев, И.Ю. Водопьянов // Архитектура и строительство России. – 2003. – № 3.

УДК 681.3:519.3

*Калита Р.О.*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Игнатюк В.И.*

### К РАСЧЕТУ БАЛОЧНЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА НЕПОДВИЖНЫЕ НАГРУЗКИ

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 отличают достаточная простота, физическая наглядность, высокая логичность и универсальность.

В работе рассматривается расчет балочных систем на неподвижные нагрузки методом конечных элементов в форме метода перемещений.

Разрешающие уравнения метода конечных элементов записываются в виде:

$$[E_1] \cdot \{-[K] \cdot \{\Delta\} + \{P\}\} = 0, \quad (1)$$

где  $\{P\}$  – вектор действующих в узлах системы нагрузок;  $\{\Delta\}$  – вектор перемещений узлов системы;  $[K]$  – матрица жесткости системы, имеющая вид

$$[K] = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} & \dots & k_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{n1} & k_{n2} & k_{n3} & \dots & k_{nn} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где  $n$  – число перемещений узлов системы (в каждом узле балочной системы будем иметь по два перемещения).

Элемент матрицы жесткости  $k_{mj}$  представляет собой реакцию в  $m$ -ом направлении (величину реакции  $r_m$ ) от смещения узла в  $j$ -ом направлении на единичную величину –  $\Delta_j = 1$ . Смещение узла вызывает, естественно, 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, за-

даваясь смещением  $\Delta_j = 1$  и суммируя реакции от всех элементов, примыкающих к узлу  $i_m$ , к которому относится  $m$ -ое направление реакции (и перемещения):

$$K_{mj} = \sum_{se \in i_m} r_{mj}^s \quad (3)$$

Здесь  $i_m$  – номер узла, к которому относится  $m$ -ое направление реакции. Величины  $K_{mj}$  и  $r_{mj}^s$  здесь определяются в общей системе координат,  $[E_1]$  – диагональная матрица вида

$$[E_1] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Число элементов этой матрицы по диагонали равно общему числу элементов вектора  $\{\Delta\}$ , причем каждому ее диагональному элементу соответствует узел и направление его перемещения в том же порядке, как и в матрице  $\{\Delta\}$ . Диагональные элементы матрицы  $[E_1]$  могут принимать два значения – 0 либо 1. Единичные значения принимают элементы, соответствующие перемещениям узлов по направлениям, по которым перемещения возможны. Нулевые значения принимают элементы, соответствующие перемещениям узлов в направлениях, по которым перемещения явно отсутствуют (вследствие наличия опорных связей).

Балочные системы представляют собой стержневые сооружения, в которых конечные элементы располагаются на одной прямой, соединяясь последовательно друг с другом (рис. 7). При соответствующем выборе глобальной системы координат (при направлении оси  $x$  вдоль осей балок) для балочных систем будут совпадать общая и местная системы координат.

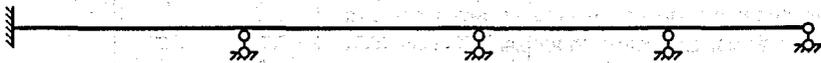


Рисунок 1

В связи с этим в расчетах балочных систем методом конечных элементов в сравнении с расчетом рам будут иметь место следующие упрощения:

1) углы поворота конечных элементов относительно глобальной системы координат будут равны нулю, поэтому матрица преобразования координат вырождается в единичную диагональную матрицу, и во всех зависимостях, где она в общем случае присутствует, ее можно просто опустить;

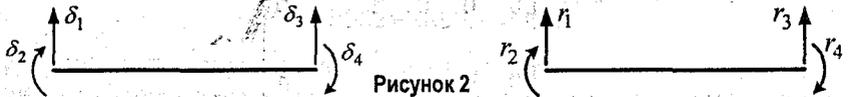
2) перемещения и реакции в узлах дискретной модели и по концам конечных элементов будут одинаковы в общей и в местных системах координат (поэтому далее штрихи в обозначениях соответствующих величин в местных системах координат опущены);

3) матрицы жесткости КЭ в общей системе координат будут равны матрицам жесткости их в местных системах координат;

4) в связи с последовательным соединением конечных элементов между собой в балочной системе матрица жесткости системы в целом, если узлы и КЭ нумеровать последовательно, что и нужно делать, будет иметь ленточный характер – матрицы жесткости КЭ в ней будут располагаться друг за другом по диагонали.

Следует заметить, что балочные системы обычно работают только на вертикальные нагрузки, и в этом случае в них будут отсутствовать продольные деформации и соответственно перемещения узлов вдоль осей балок. В связи с этим возникнет еще ряд упрощений:

1) число неизвестных перемещений в узлах уменьшается и будет равно двум, а число перемещений и усилий по концам балочных КЭ становится соответственно равным четырем:



2) соответственно упрощаются и матрицы жесткости конечных элементов, они уменьшаются в размере и их можно получить из соответствующих матриц жесткости КЭ для произвольных плоских стержневых систем [1], вычеркнув первый и четвертый столбцы и соответственно первую и четвертую строки; размер их будет 4x4 элемента, и они будут иметь вид:

*Тун 2*



Рисунок 3

$$[K'_s] = \begin{bmatrix} \frac{12EJ}{l^3} & -\frac{6EJ}{l^2} & -\frac{12EJ}{l^3} & \frac{6EJ}{l^2} \\ \frac{6EJ}{l^2} & \frac{4EJ}{l} & \frac{6EJ}{l^2} & \frac{2EJ}{l} \\ \hline -\frac{12EJ}{l^3} & \frac{6EJ}{l^2} & \frac{12EJ}{l^3} & -\frac{6EJ}{l^2} \\ \frac{6EJ}{l^2} & \frac{2EJ}{l} & \frac{6EJ}{l^2} & \frac{4EJ}{l} \end{bmatrix} \quad (5)$$

*Тун 2*

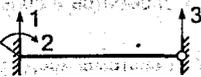


Рисунок 4

$$[K'_s] = \begin{bmatrix} \frac{3EJ}{l^3} & -\frac{3EJ}{l^2} & -\frac{3EJ}{l^3} & 0 \\ \frac{3EJ}{l^2} & \frac{3EJ}{l} & \frac{3EJ}{l^2} & 0 \\ \hline -\frac{3EJ}{l^3} & \frac{3EJ}{l^2} & \frac{3EJ}{l^3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Тун 3



Рисунок 5

$$[K_s] = \begin{bmatrix} \frac{3EJ}{l^3} & 0 & -\frac{3EJ}{l^3} & \frac{3EJ}{l^2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{3EJ}{l^3} & 0 & \frac{3EJ}{l^3} & \frac{3EJ}{l^2} \\ \frac{3EJ}{l^2} & 0 & \frac{3EJ}{l^2} & \frac{3EJ}{l} \end{bmatrix} \quad (7)$$

После определения перемещений узлов расчетной модели из решения системы уравнений (2.34) усилия по концам КЭ могут быть определяются с помощью выражения:

$$\{r_s\} = [K_s] \cdot \{\Delta_s\} - \{P_{qs}\} \quad (8)$$

Найденные по концам КЭ усилия прикладываем к соответствующим стержням с учетом их знаков (рис. 7) и определяем от их действия по обычным правилам строительной механики растянутые волокна (для изгиба) и знаки поперечных и продольных сил в крайних сечениях стержневого конечного элемента.

Определение изменения усилий внутри конечных элементов (построение эпюр этих усилий) можно выполнить используя функции Эрмита [1].

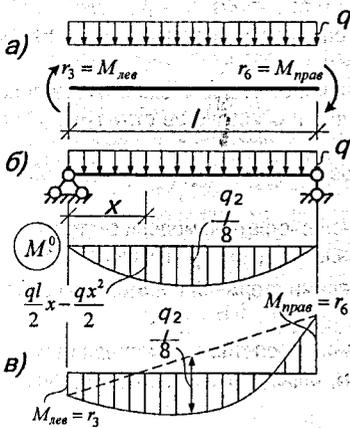


Рисунок 6

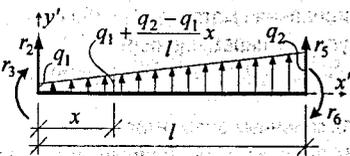


Рисунок 7

Заметим, что для стержневых конечных элементов, которые мы здесь рассматриваем, зависимости изменения внутренних усилий в них нам хорошо известны:

- в стержнях, нагруженных только по торцам (в узлах), изгибающие моменты изменяются по линейным законам, а поперечные и продольные силы постоянны;
- в стержнях, на которые действуют равномерно распределенные нагрузки, поперечные и продольные силы изменяются по линейным законам, а изгибающие моменты - по параболическим законам.

Зная величины усилий по концам конечных элементов и используя указанные закономерности изменений внутренних усилий, несложно построить эпюры этих усилий в каждом из конечных элементов и соответственно во всей системе в целом.

При этом для стержней, на которые действует равномерно распределенная нагрузка (рис. 6а); при построении эпюры изгибающих моментов (рис. 6в) необходимо к линейной эпюре, полученной соединением прямой линией ординат по концам стержня, добавить (подвесить) балочную эпюру.

Перемещения сечений внутри конечных элементов можно получить с использованием функций Эрмита или на основе известных дифференциальных зависимостей.

Например, для конечного элемента, на который действует нагрузка, распределенная по трапециoidalному закону (рис. 7), для поперечных перемещений будем иметь зависимость

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EJ} = \frac{1}{EJ} \left( r_3 + r_2x + \frac{q_1}{2}x^2 + \frac{q_2 - q_1}{6l}x^3 \right),$$

проинтегрировав которую два раза

$$\varphi = \frac{dy}{dx} = \frac{1}{EJ} \left( r_3x + r_2 \frac{x^2}{2} + \frac{q_1}{6}x^3 + \frac{q_2 - q_1}{24l}x^4 \right) + C_1,$$

$$y = \frac{1}{EJ} \left( r_3 \frac{x^2}{2} + r_2 \frac{x^3}{6} + \frac{q_1}{24}x^4 + \frac{q_2 - q_1}{120l}x^5 \right) + C_1x + C_2$$

и найдя после подстановки в эти выражения граничных условий (при  $x = 0 - y = \delta_2$ ,

$\frac{dy}{dx} = -\delta_3$ ) постоянные интегрирования ( $C_1 = -\delta_3$ ;  $C_2 = \delta_2$ ), получим

$$u_2 = y = \delta_2 - \delta_3x + \frac{1}{EJ} \left( r_3 \frac{x^2}{2} + r_2 \frac{x^3}{6} + \frac{q_1}{24}x^4 + \frac{q_2 - q_1}{120l}x^5 \right);$$

$$u_3 = \varphi = \frac{dy}{dx} = -\delta_3 + \frac{1}{EJ} \left( r_3x + r_2 \frac{x^2}{2} + \frac{q_1}{6}x^3 + \frac{q_2 - q_1}{24l}x^4 \right). \quad (9)$$

На основе изложенного можно сформулировать следующий порядок расчета балочных систем методом конечных элементов:

1. Определение расчетной дискретной модели заданной стержневой системы (разделение ее на конечные элементы (КЭ), 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 вектора перемещений узлов расчетной дискретной модели системы.
4. Идентификация конечных элементов (определение их длин  $l_s$ , жесткостей  $EA_s$  и  $EJ_s$ , типов, 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, определение суммарных узловых сил в каждом узле дискретной модели).
6. Построение матриц жесткости КЭ элементов в местных системах координат.
7. Формирование матрицы жесткости всей системы в общей системе координат.
8. Получение системы разрешающих уравнений путем учета граничных условий (опорных связей) при этом может быть использована диагональная матрица (1) либо простое вычеркивание строк и столбцов, соответствующих нулевым перемещениям.
9. Решение системы разрешающих уравнений и определение узловых перемещений системы.
10. Определение узловых перемещений и усилий для конечных элементов.
11. Определение усилий и перемещений в конечных элементах, построение эпюр внутренних сил в системе и определение ее деформированного вида.

## Заключение

В работе представлены особенности и алгоритм расчета балочных систем на неподвижные нагрузки методом конечных элементов в форме метода перемещений.

## СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Игнатюк, В.И. Метод конечных элементов в расчетах стержневых систем. – Брест, 2007. – 172 с.

УДК 681.3:519.3

Калита Р.О.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Игнатюк В.И.

## УЧЕБНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА РАСЧЕТА БАЛОЧНЫХ СИСТЕМ НА НЕПОДВИЖНЫЕ НАГРУЗКИ

Сегодня метод конечных элементов (МКЭ) является мощным инструментом численного исследования напряженно-деформированного состояния конструкций и сооружений при действии различных нагрузок и воздействий и позволяет решать задачи с очень большим числом неизвестных. Однако его реальное применение требует автоматизации процессов расчёта, то есть создания современных компьютерных программ, реализующих этот метод применительно к конкретным задачам и сооружениям.

В работе рассматривается создание учебной компьютерной программы расчета балочных систем на неподвижные нагрузки. Задача расчёта заключается в определении внутренних сил в сечениях балки и их перемещений (и соответственно деформированного вида балки).

Методика и алгоритм расчёта балочных систем, разработанные на основе метода конечных элементов [1], изложены в статье «К расчету балочных систем методом конечных элементов на неподвижные нагрузки», представленной в данном сборнике.

Для создания программы использована современная среда визуального программирования Delphi, позволяющая в полной мере использовать возможности и ресурсы современных ПЭВМ, создавать качественные и надежные Windows-приложения [2].

Основное окно программы имеет вид, представленный на рис. 1.

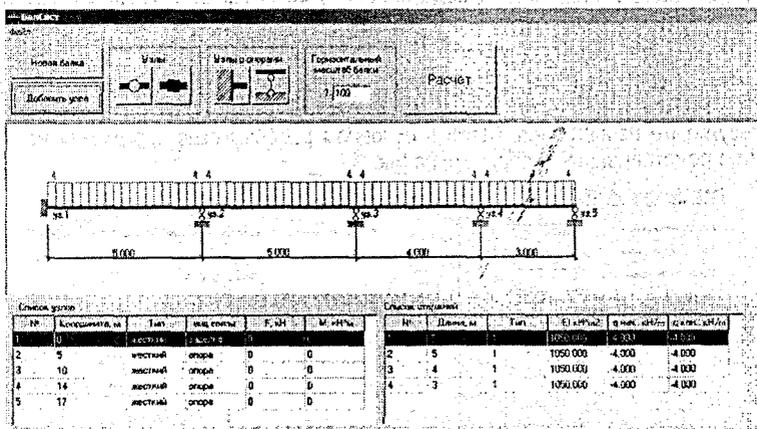


Рисунок 1 – Основное окно программы

Для задания балки нажимается кнопка «Новая балка» на панели основного окна (рис. 1) и в открывшемся диалоговом окне вводятся длина балки и её основные характеристики (рис. 2).

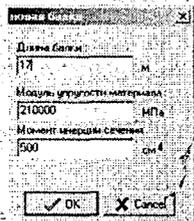


Рисунок 2 – Окно ввода основных характеристик

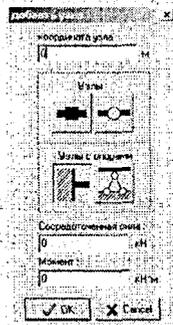


Рисунок 3 – Окно ввода узлов

Далее на балке задаются узловые точки (узлы), соединяющие отдельные участки балки (конечные элементы), в пределах которых жесткости постоянны и отсутствуют узловые нагрузки. Узлы могут быть жёсткими либо шарнирными, а также узлы могут задаваться сразу со связями (с опорами) в них (рис. 3). Координаты узлов балки отсчитываются от крайней левой точки. Заданный ранее узел можно изменить, вставив новый узел с той же координатой. Чтобы задать нагрузки, действующие в узлах (сосредоточенные силы или сосредоточенные моменты), нужно выбрать двойным щелчком мыши необходимый узел в таблице «Список узлов» и в появившемся диалоговом окне (рис. 4) ввести величины нагрузок; в этом окне можно также корректировать положение узла или введенные ранее нагрузки в узле. На участки балки могут действовать распределенные нагрузки. Для их задания надо двойным щелчком выбрать нужный участок (конечный элемент) в таблице «Список стержней» и в появившемся диалоговом окне (рис. 5) задать величины распределенной нагрузки в начале и в конце участка (за начало участка принимается его левый конец (с меньшим номером узла), а конец находится справа (в узле с большим номером)). Таким образом, на участок может быть задана нагрузка, изменяющаяся по трапециидальной зависимости (если левое и правое значения задать одинаковыми, то будем иметь равномерно распределенную нагрузку). В том же диалоговом окне можно изменить геометрические характеристики балки на рассматриваемом участке. В результате изображение балки в основном рабочем окне программы может принять вид, представленный, например, на рис. 1.

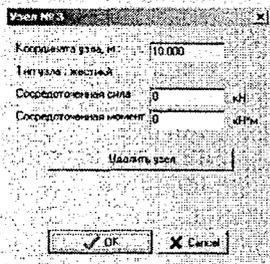


Рисунок 4 – Окно корректировки узлов

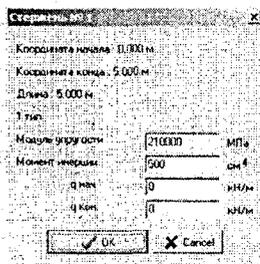


Рисунок 5 – Окно корректировки стержней

Для запуска расчета нужно нажать на кнопку «Расчет». Результаты расчёта отображаются в отдельном окне в графическом (рис. 7) и табличном (рис. 7) видах. Графические результаты расчета представляют собой эпюры изгибающих моментов, поперечных сил и линию прогибов оси балки. Для удобства просмотра эпюр усилий можно изменять их горизонтальный и вертикальный масштабы. Результаты расчета в табличном виде включают матрицу жесткости, вектор нагрузок, усилия на концах участков (конечных элементов), перемещения узловых точек.

Программа «БалкСист» имеет объем 630 Кб. Составлена в мультиплатформенной среде разработки программ Borland Delphi 7. Работает под управлением операционной системы Windows XP и выше, не требует предварительной установки, может работать в сети, имеет удобный интерфейс для работы в ней.

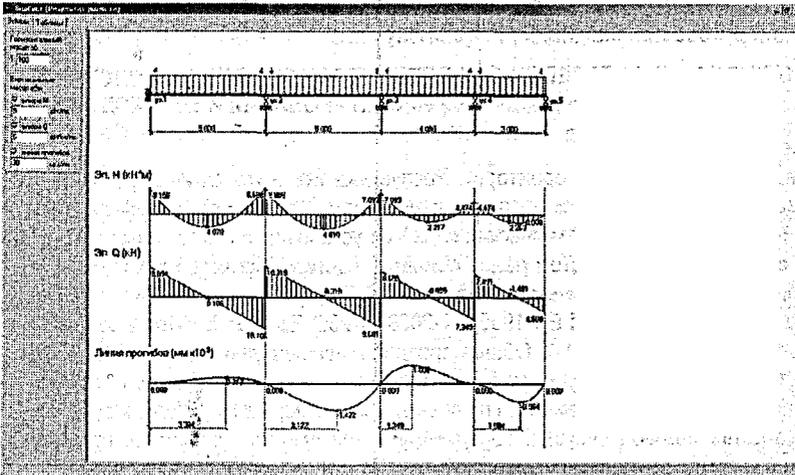


Рисунок 6 – Окно результатов расчета в графическом виде

The figure shows a tabular interface for the same beam analysis. It contains several data tables:

Номер узла	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	10.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Рисунок 7 – Окно результатов расчета в табличном виде

## Заключение

В работе на основе разработанных ранее методики и алгоритма расчета методом конечных элементов представлена созданная автором учебная компьютерная программа расчета балочных систем на неподвижные нагрузки.

## СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Игнатюк, В.И. Метод конечных элементов в расчетах стержневых систем. – Брест, 2007. – 172 с.
2. Фаронов, В.В. Delphi программирование на языке высокого уровня: учебник для вузов. – Санкт-Петербург: Питер, 2010. – 640 с.

УДК 624.011.1

*Капитан А.В.*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Жук В.В.*

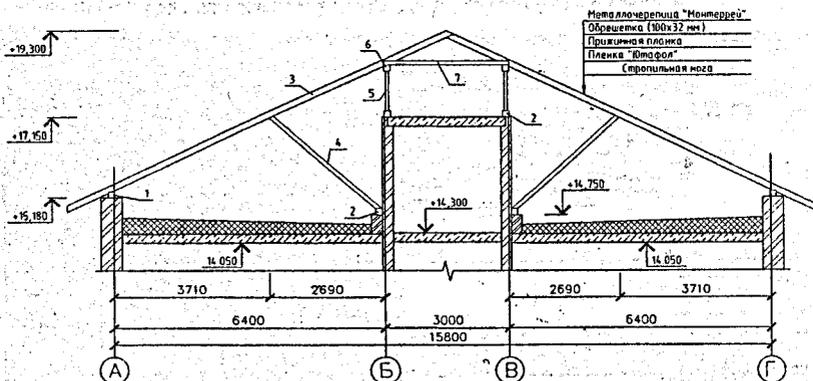
## АНАЛИЗ РАСЧЕТА ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТРОПИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПО ОТЕЧЕСТВЕННЫМ НОРМАМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЕВРОКОДУ 5

### Введение

В настоящее время на территории Республики Беларусь активно реализуется программа внедрения европейских строительных норм (Еврокодов). На начало 2010 года в нашей стране в качестве технических кодексов установившейся практики (ТКП EN) введены 58 Еврокодов, а с учетом ранее принятых почти 700 европейских нормативов приобрели статус государственных стандартов СТБ EN [1].

В связи с введением ТКП EN 1995-1-1-2009 (02250) Еврокод 5. «Проектирование деревянных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий» возникла необходимость анализа этого документа в части оценки и сравнения методики расчета сжатых и изгибаемых деревянных элементов по отечественным нормам [2] и Еврокоду 5 [3].

В качестве базовой несущей конструкции были приняты наслонные стропила стропильной системы двускатной крыши учебно-лабораторного корпуса №2 УО БрГТУ (рис. 1).



1 – мауэрлат; 2 – лежень; 3 – стропильная нога; 4 – подкос; 5 – стойка; 6 – прогон; 7 – ригель  
Рисунок 1 – Конструктивное решение стропильной системы учебно-лабораторного корпуса № 2 (проектное решение)

В расчетном отношении стропильная нога представляет собой неразрезную трехпролетную балку. Расчет стропильной ноги выполняется по предельным состояниям несущей способности: на прочность и жесткость.

**Постоянные воздействия.** Сбор постоянных нагрузок, действующих на стропильную раму (таблица 1), выполнен с учетом действующих отечественных нормативных документов [2, 4] и европейских строительных норм [5, 6], введенных на территории РБ.

**Переменные воздействия.** Полное нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия следует определять согласно п. 5.1 [4] по формуле  $S_n = S_0 \cdot \mu = 0.8 \cdot 0.97 = 0.776$  кПа, где  $S_0 = 0.8$  кПа – нормативное значение веса снегового покрова на  $1 \text{ м}^2$  горизонтальной поверхности земли для г. Бреста с учетом изменения №1 (таблицы 4 и карты 1 [4]);  $\mu = (60^\circ - 26^\circ) / 35^\circ = 0.97$  – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие.

Таблица 1 – Постоянная нагрузка на  $1 \text{ м. п.}$  стропильной ноги

Элементы и подсчет нагрузок	Нормативная нагрузка, кН/м	Коэффициент надежности по нагрузке, $\gamma_f / \gamma_G^*$	Расчетная нагрузка, кН/м
1	2	3	4
Металлочерепица «Монтеррей» 4.5 · 10/1000	0.045	1.05 1.35*	0.047 0.061*
Обрешетка ( $b \times h = 100 \times 32 \text{ мм}$ , $\rho = 600 / 420^*$ кг/м <sup>3</sup> ) с шагом 500 мм 0.1 · 0.032 · (600 / 420 <sup>*</sup> ) · 10 / (1000 · 0.5)	0.038 0.027*	1.10 1.35*	0.042 0.036*
Пленка «Ютафол» 2 · 1 · 10/1000	0.002	1.30 1.35*	0.0026 0.003*
Прижимная планка ( $b \times h = 60 \times 25 \text{ мм}$ , $\rho = 600 / 420^*$ кг/м <sup>3</sup> ) 0.06 · 0.025 · (600 / 420 <sup>*</sup> ) · 10/1000	0.009 0.009*	1.10 1.35*	0.0026 0.003*
Стропильная нога: ( $b \times h = 50 \times 175 \text{ мм}$ , $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$ ) ( $b \times h = 50 \times 150 \text{ мм}$ , $\rho = 420 \text{ кг/м}^3$ ) <sup>*</sup>	0.053 0.032*	1.10 1.35*	0.058 0.043*
Итого: G	0.147 0.112*		0.159 0.152*

где: - 4.5 кг – вес  $1 \text{ м}^2$  металлочерепицы «Монтеррей»;  $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$  – плотность древесины сосны для 3 класса условий эксплуатации, таблица 6.2 [2];  $\rho = 420 \text{ кг/м}^3$  – плотность древесины сосны класса С24 для 2 класса условий эксплуатации таблица А.1 [7]; 0.2 кг – вес  $1 \text{ м}^2$  пленки «Ютафол»;  $l = 1 \text{ м}$  – шаг стропильных рам; 10/1000 – коэффициент перехода от нагрузки в кг к кН;  $\gamma_f = 1.05$  – коэффициент надежности по нагрузке для металлических конструкций, таблица 1 [4];  $\gamma_f = 1.10$  – коэффициент надежности по нагрузке для деревянных конструкций, таблица 1 [4];  $\gamma_f = 1.30$  – коэффициент надежности по нагрузке для изоляционного слоя, выполненного на строительной площадке, таблица 1 [4];  $\gamma_G = 1.35$  – частный коэффициент для постоянной нагрузки, таблица А.1.2(А) [6].

Примечание – \* – вариант сбора постоянной нагрузки по нормам Еврокода

Расчетная снеговая нагрузка определяется путем умножения нормативного значения на коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f$  для снеговой нагрузки. Так как  $0.147 / 0.8 = 0.184 < 0.8$ , то  $\gamma_f = 1.6$  (п. 5.7) [4]. С учетом требований [4] для двускатных покрытий при

$20^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$  необходимо учесть два варианта распределения снеговой нагрузки (приложение 3 [4]): вариант 1 – равномерно распределенная по всему пролету интенсивностью  $Q_d = s_n \cdot b \cdot \gamma_f = 0.776 \cdot 1 \cdot 1.6 = 1.242 \text{ кН/м}$ ; вариант 2 – равномерно распределенная на половине пролета (слева) интенсивностью  $Q_d = 0.75 \cdot s_n \cdot b \cdot \gamma_f = 0.75 \cdot 0.776 \cdot 1 \cdot 1.6 = 0.931 \text{ кН/м}$ , равномерно распределенная на половине пролета (справа) интенсивностью  $Q_d = 1.25 \cdot s_n \cdot b \cdot \gamma_f = 1.25 \cdot 0.776 \cdot 1 \cdot 1.6 = 1.552 \text{ кН/м}$ .

В соответствии с [6] снеговая нагрузка на покрытие для постоянных расчетных ситуаций определяется по формуле:  $s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0.8 \cdot 1.2 \cdot 1 \cdot 1 = 0.96 \text{ кПа}$ ; где:  $\mu_i = 0.8$  – коэффициент формы снеговых нагрузок, таблица 5.2 [6];  $s_k = 1.2 \text{ кПа}$  – характеристическое значение снеговых нагрузок на грунт, рисунок НП.1(ВУ), п. 4.1 (1) [6];  $C_e = 1$  – коэффициент окружающей среды, таблица НП. 2 (ВУ) [6];  $C_t = 1$  – температурный коэффициент, п. 5.2 (8) [6].

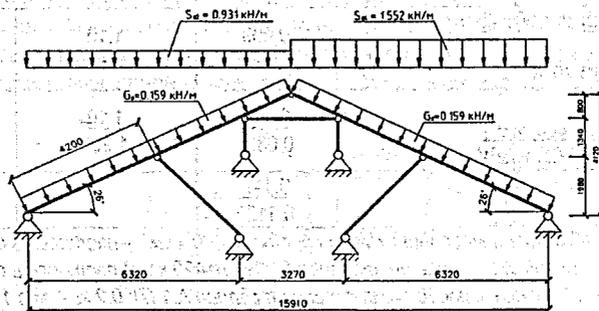
При расчете по [3] расчетное сочетание при проверках предельных состояний несущей способности в соответствии с [8] с учетом наличия одной переменной нагрузки определяется по формуле:  $\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ , где  $\gamma_G = 1.35$  – частный коэффициент

для постоянной нагрузки, таблица А. 1.2 (В) [8],  $\gamma_Q = 1.5$  – частный коэффициент для переменной нагрузки, таблица А. 1.2 (В) [8];  $G_k$  – постоянное воздействие;  $Q_k$  – доминирующее переменное воздействие.

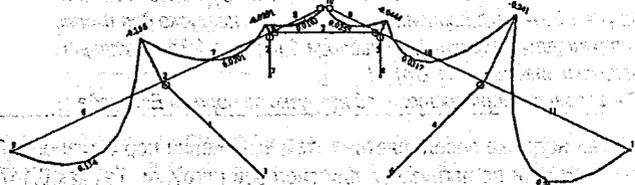
Статический расчет стропильной рамы выполнен в программном комплексе Лира 9.6 (R4), разработанной ООО «ЛИРА софт» Украина г. Киев.

Расчетные схемы и результаты статических расчетов стропильной рамы приведены на рисунках 2 и 3.

а)



б)





### Расчет стропильной ноги по ТКП 45-5.05-146-2009

Опасным сечением стропильной ноги является сечение в месте опирания на подкос (рис. 2, б, в). Расчетные усилия:  $M_d = 2.41 \text{ кН}\cdot\text{м}$ ;  $N_d = 1.89 \text{ кН}$ .

Расчет сжато-изгибаемых элементов на прочность по нормальным напряжениям выполняется по формуле (7.21) [2]:

$$\sigma_{\text{cod}} = \frac{N_d}{A_{\text{inf}}} + \frac{M_d}{k_{mc} \cdot W_d} < f_{\text{cod}};$$

где  $N_d = 1.89 \text{ кН}$  – продольное сжимающее усилие;

$M_d = 2.41 \text{ кН}\cdot\text{м}$  – изгибающий момент от действия поперечной нагрузки;

$A_{\text{inf}}$  – площадь расчетного сечения нетто,  $A_{\text{inf}} = b \cdot h$ ;

$W_d$  – расчетный момент сопротивления поперечного сечения,  $W_d = b \cdot h^2 / 6$ ;

$f_{c,0,d} = f_{c,0,d} \cdot k_{\text{mod}} / \gamma_n = 13 \cdot 0.95 / 1 = 12.35 \text{ МПа}$  – расчетное сопротивление древесины сжатию вдоль волокон, п. 6.1.4.7 [2], стр. 34 [4];

$k_{mc}$  – коэффициент, учитывающий дополнительный момент от продольной силы вследствие прогиба элемента в соответствии с п. 7.6.2 [2]:

$$k_{mc} = 1 - \frac{N_d}{k_c \cdot f_{\text{cod}} \cdot A_{\text{sup}}},$$

где  $k_c$  – коэффициент продольного изгиба, определяемый по формуле (7.7) [2]:  $k_c = C / \lambda^2$ .  $\lambda$  – гибкость элемента, постоянного по длине сечения,  $\lambda = \mu_0 \cdot l / i$ , где  $\mu_0 = 1$  – коэффициент, учитывающий шарнирное закрепление концов элемента;  $l$  – свободная длина элемента;  $i = 0.289 \cdot h$  – радиус инерции сечения элемента.

**Численный расчет.** Геометрические характеристики сечения:  $A_{\text{inf}} = 5 \cdot 17.5 = 87.5 \text{ см}^2$ ;  $W_d = 5 \cdot 17.5^2 / 6 = 255.2 \text{ см}^3$ ;  $i = 0.289 \cdot 17.5 = 5.06 \text{ см}$ ;  $\lambda = 420 / 5.06 = 83.0$ ;  $k_c = 3000 / 83^2 = 0.435$ ;

$$k_{mc} = 1 - \frac{1.89}{0.435 \cdot 12.35 \cdot 87.5} = 0.96;$$

$$\sigma_{\text{cod}} = \frac{1.89}{87.5} + \frac{2.41}{0.96 \cdot 255.2} = 0.022 + 0.984 = 1.006 \text{ кН} / \text{см}^2 = 10.06 \text{ МПа} < f_{\text{cod}} = 12.35 \text{ МПа}.$$

Запас по прочности составляет 18,5 %.

**Расчет стропильной ноги по ТКП EN 1995-1-1-2009.** Опасным сечением стропильной ноги является сечение в месте опирания на подкос (рисунок 3 б, в). Расчетные усилия:  $M_{y,d} = 2.25 \text{ кН}\cdot\text{м}$ ;  $N_d = 1.42 \text{ кН}$ .

Согласно п. 6.2.4 [3] при изгибе в одной плоскости и осевом сжатии должно удовлетворяться следующие выражение:

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1,$$

где  $\sigma_{c,0,d}$  – расчетное напряжение при сжатии вдоль волокон;  $\sigma_{c,0,d} = N_d / A_{br}$ ;  $f_{c,0,d}$  – расчетное сопротивление на сжатие вдоль волокон;  $\sigma_{m,y,d}$  – расчетное изгибающее напряжение относительно оси  $y$ ;  $\sigma_{m,y,d} = M_{y,d} / W_y$ ;  $f_{m,y,d}$  – расчетное сопротивление на изгиб в отношении главной оси  $y$ ;  $k_m$  – коэффициент, учитывающий перераспределение изгибающих напряжений в поперечном сечении.

В соответствии с п. 2.4.1 (1) [2] расчетное значение  $X_d$  для прочностных характеристик рассчитывается как  $X_d = k_{\text{mod}} \cdot X_k / \gamma_M$ , где  $X_k$  – нормативная величина прочностной харак-

теристики, таблица А.1 [7];  $\gamma_m$  – частный коэффициент свойств материала, таблица НП.2.3 [3];  $k_{mod}$  – коэффициент модификации, учитывающий эффект длительности нагрузки и содержание влаги, таблица НП.3.1 [3].

**Численный расчет.** Расчетные значения свойств древесины при работе на

– изгиб -  $f_{m,d} = f_{m,k} \cdot k_{mod} / \gamma_m = 24 \cdot 0.7 / 1.22 = 13.77$  МПа;

– сжатие вдоль волокон -  $f_{c,0,d} = f_{c,0,k} \cdot k_{mod} / \gamma_m = 21 \cdot 0.7 / 1.22 = 12.05$  МПа.

Геометрические характеристики сечения:

$A_{br} = 5 \cdot 15 = 75$  см<sup>2</sup>;  $W_y = b \cdot h^2 / 6 = 5 \cdot 15^2 / 6 = 187.5$  см<sup>3</sup>.

$\sigma_{m,y,d} = 225 / 187.5 = 1.2$  кН / см<sup>2</sup>;  $\sigma_{c,0,d} = 1.42 / 75 = 0.019$  кН / см<sup>2</sup>.

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \left( \frac{0.019}{1.205} \right)^2 + \frac{1.2}{1.377} = 0.0002 + 0.8715 = 0.8717 < 1.$$

Запас по прочности составляет 12.8 %.

**Заключение.** По результатам выполненных расчетов наслонных стропил стропильной системы двускатной крыши можно сделать следующие выводы:

Еврокод 1 учитывает большее число параметров, влияющих на величину снеговой нагрузки, по сравнению с нормами СНиП 2.01.07-85 с изменением 1.

Расчет стропильной ноги по Еврокоду 5 позволяет уменьшить расход древесины на 14% по сравнению с расчетом по отечественным нормам.

Влияние продольной силы при расчете стропильной ноги незначительно, что позволяет рассчитывать наслонные стропила только на поперечный изгиб.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лешкевич, Ю. Жизнь по Еврокодам / Ю. Лешкевич // Мастерская. Современное строительство. – 2010. – № 2. – С. 77 – 79.
2. Деревянные конструкции. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-5.05-146-2009 (02250). – Введ. 01.01.2010. – Мн.: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2009. – 63с. Технический кодекс установившейся практики.
3. Еврокод 5. Проектирование деревянных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий: ТКП EN 1995-1-1-2009 (02250). Введен. 01.01.2010. – Мн.: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 98с. Технический кодекс установившейся практики.
4. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07-85. Введ. 01.01.1987. – М.: Госстрой СССР, 1987. – 36с., с изменением №1.
5. Еврокод 1. Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-1. Удельный вес, постоянные и временные нагрузки на здания: СТБ EN 1991-1-1-2007. Введ 01.01.2008. – Мн.: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2008. – 28 с.
6. Еврокод 1. Воздействие на конструкции. Часть 1-3. Общие воздействия. Снеговые нагрузки: ТКП EN 1991-1-3-2009 (02250). Введ. 01.01.2010. – Мн.: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 40с. Технический кодекс установившейся практики.
7. Государственный стандарт Республики Беларусь. СТБ EN 338. Древесина конструкционная. Классы прочности (проект).
8. Еврокод. Основы проектирования несущих конструкций: СТБ EN 1990-2007. Введ. 01.01.2008. – Мн.: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2007. – 96с. Технический кодекс установившейся практики.

## ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ГРУНТОВ И ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ

Грунты в динамике [1] рассматривают как сплошные среды, которые непрерывно заполняют пространство. Для описания механических свойств грунтов и теоретических исследований волновых процессов, возникающих в грунтах при действии динамических нагрузок, принимают различные модели грунтов и грунтовых оснований. Наибольшее применение, при рассмотрении волновых процессов в грунтах, находят следующие модели грунтов и грунтовых оснований: модель идеально упругой линейной среды (модель, отвечающая гипотезе местных упругих деформаций, и модель, отвечающая гипотезе общих упругих деформаций), модель нелинейной упругой среды. При интенсивных динамических нагрузках (взрыв, сильное землетрясение и т.п.) применяются иные модели грунтов и грунтовых оснований.

Модель идеально упругой линейной среды является наиболее простой моделью для исследования волновых процессов в грунтах. Данная модель применяется при относительно небольших динамических воздействиях, возникающих при работе машин и механизмов, имеющих неуравновешенные массы. Основой этой модели является линейная связь между напряжениями и деформациями грунта, то есть затухание, считаются пропорциональными первой степени скорости перемещений.

Моделью идеально упругой линейной среды является модель грунтового основания, отвечающая гипотезе местных упругих деформаций (модель Винклера). Согласно этой модели упругая осадка любой точки основания прямопропорциональна давлению в данной точке и не зависит от давления соседних точек:

$$Z = \frac{\sigma_z}{C_z} \quad (1)$$

где  $Z$  — местная упругая осадка;

$\sigma_z$  — удельное давление в данной точке;

$C_z$  — коэффициент упругости основания или коэффициент постели.

В данной модели основание рассматривается как ряд вертикальных упругих пружин, не связанных между собой. Каждая из пружин деформируется независимо от других и строго пропорционально приходящемуся на нее давлению. Пружины, находящиеся вне площади загрузки, давления не испытывают, и их деформации равны нулю, то есть в том месте, где  $\sigma_z = 0$ , упругая осадка  $Z = 0$ .

Полевые испытания показывают, что коэффициент упругости основания для природных грунтов не является величиной постоянной. Он зависит от величины удельного давления на грунт и площади загрузки. Поэтому модель местных упругих деформаций не отражает важные свойства реальных грунтов и применять ее можно лишь с известным приближением для весьма малых толщ слоя сжимаемого грунта.

Другой, более совершенной моделью идеально упругой линейной среды является модель грунтового основания, отвечающая гипотезе общих упругих деформаций. Эта модель базируется на строгих решениях теории упругости для упругого полупространства и для упругого слоя ограниченной толщины, лежащего на несжимаемом основании.

Как известно, в теории упругости для описания динамического напряженно-деформированного состояния среды используется три вида уравнений:

- дифференциальные уравнения динамического равновесия (уравнения движения);
- геометрические уравнения, выражающие дифференциальные зависимости между компонентами деформаций и компонентами перемещений;
- физические уравнения, характеризующие связь между компонентами напряжений и компонентами деформаций (в данном случае закон Гука).

Таким образом, составив все перечисленные уравнения для однородной, изотропной упругой среды и решив их совместно, находят требуемые параметры для определения напряженно-деформированного состояния основания.

Модель грунтового основания, отвечающая гипотезе общих упругих деформаций, справедлива при внешнем давлении, не превышающем практического предела пропорциональности, для грунтов, однородных на достаточную глубину. Недостатком данной модели является то, что при площадях загрузки более  $10 \text{ м}^2$  появляется расхождение между упругими характеристиками грунта, определенными теоретически и экспериментально в полевых условиях.

Некоторые задачи динамики дисперсных грунтов принципиально не могут быть решены с использованием модели идеально упругой линейной среды. Например, решение задачи о распространении плоской волны приводит к отсутствию затухания и изменения профиля волны с расстоянием. А это противоречит экспериментальным данным. Для описания этих явлений применяется более сложная модель нелинейно упругой среды. В данной модели зависимость между напряжениями и деформациями принимается нелинейной, но одинаковой при возрастании и уменьшении нагрузки. Модель нелинейно упругой среды позволяет объяснить затухание плоских волн с расстоянием. Удовлетворительное соответствие с экспериментальными данными получается при применении этой модели к водонасыщенным грунтам. Хотя модель нелинейно упругой среды позволяет решить многие задачи динамики грунтов, однако она не лишена недостатков. Одним из таких недостатков является ее сложность. Но при современном уровне развития средств вычислительной техники этот недостаток не столь существен.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник по механике и динамике грунтов / В.Б. Швец, Л.К. Гинзбург, В.М. Гольдштейн [и др.] // Под ред. В.Б. Швеца. – К.: Будівельник, 1987. – 232 с.

УДК 624. 131

*Климук Н.А.*

*Научный руководитель: доцент Климук А.М.*

#### ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Экспериментальные исследования свойств грунтов при динамических нагрузках требуют комплексного подхода. До этого исследовались в основном отдельные, частные вопросы динамических воздействий на грунты, но систематические исследования не проводились. Все методы лабораторного изучения динамического воздействия на грунты можно разделить на две основные группы:

1. Исследования упругих и диссипативных свойств грунтов, основанные на изучении собственных или вынужденных колебаний образцов. Обычно здесь исследуются цилиндрические сплошные или полые образцы с приложением крутильных колебаний (иногда с приложением продольных колебаний). При этом регистрируются петли гис-

терезиса в координатах угла закручивания, то есть касательное циклическое напряжение, и определяются модуль сдвига и диссипативные характеристики грунта.

2. Исследования, основанные на приложении к грунту дополнительного (к статическому) динамического воздействия. Обычно для проведения таких исследований используют приборы, применяемые при статических испытаниях. Целью этих исследований является оценка влияния динамической нагрузки на напряженно-деформированное состояние грунта и на параметры прочности и деформируемости.

Применение того или иного метода исследований определяется принятой расчетной схемой сооружения и соответствующей ей моделью поведения грунта при динамическом воздействии.

Физико-механические свойства грунтов при динамических воздействиях в настоящее время исследуются на всех видах приборов, предназначенных для статических испытаний грунтов, если конструкции этих приборов позволяют в дополнение к статическому приложить динамическое воздействие. Динамическое воздействие прикладывается к образцу грунта в виде изменяющихся во времени по требуемому закону напряжений или перемещений.

Чаще всего применяются приборы плоского сдвига (срезные приборы), а в последнее время приборы трехосного сжатия (стабилометры). Кроме этих приборов, находят применение трехосные приборы с кручением полых образцов, приборы перекашивания, различные приборы с вынужденными колебаниями сплошных и полых цилиндров.

Первые исследования прочностных свойств грунтов проводились на приборах плоского сдвига. Динамическая нагрузка задавалась вертикальными или горизонтальными колебаниями вибростола, на который устанавливался сдвиговый прибор, или созданием дополнительной осевой или сдвиговой нагрузки. При этом осевое давление прикладывалось или инерционно (пригрузом), или безынерционно (пружиной).

Первые исследования по изучению прочности песчаных оснований при динамическом воздействии были выполнены Г.И. Покровским, А.А. Эрлихом, Н.В. Лалетиним и др. [1]. Под руководством Г.И. Покровского были проведены исследования песчаного грунта на приборе с вращающимся штампом, закрепленным на виброплощадке.

Автором установлено, что коэффициент внутреннего трения зависит от энергии колебаний, уменьшаясь с ее увеличением и стремясь к некоторому пределу, который на 25–30% меньше коэффициента внутреннего трения при статическом воздействии. Уменьшение коэффициента внутреннего трения под влиянием динамических нагрузок в сухих грунтах происходит быстрее, чем во влажных.

Существенным фактором оценки прочности грунтов при динамических испытаниях является установление критерия разрушения грунта. Некоторые авторы при динамических испытаниях водонасыщенных песков за критерий разрушения принимают момент разжижения песка. При этом из-за невозможности учета порового давления в сдвиговом испытании, условие прочности оценивается в тотальных напряжениях, что и приводит к значительному снижению прочностных показателей.

В последнее время широкое распространение получили трехосные испытания в стабилометрах с приложением осевой или изотропной динамических нагрузок, а также с циклическим кручением цилиндрических и полых образцов. При оценке прочностных динамических параметров принимаются те же критерии прочности, что и для испытаний по схемам плоского сдвига. Приборы трехосного сжатия позволяют испытывать водонасыщенные грунты с замером порового давления. Л.Р. Ставницер и З.С. Карпушина [2] провели серию трехосных динамических исследований песчаного грунта с циклическим изменением обжимающего изотропного давления. Их экспериментальные исследования песков в стаби-

лометрах показали, что при всестороннем циклическом давлении характеристики прочности песка меньше соответствующих статических характеристик. Динамический угол внутреннего трения  $\varphi_D$  до частоты 10 Гц, которая является критической, практически изменяется мало. Однако он меньше значения статического угла внутреннего трения приблизительно на 3°. Увеличение частоты динамических воздействий более 10 Гц приводит к интенсивному уменьшению динамического угла внутреннего трения.

Следовательно, проведенный анализ экспериментальных данных различных авторов указывает на то, что исследование механических свойств грунтов при динамических воздействиях ограничивалось вопросами прочности. Исследовались только песчаные грунты. Влияние динамических нагрузок на различные типы региональных грунтов, для которых эти нагрузки могут представлять серьезную опасность, не изучено.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Покровский, Г.И. Новые методы исследования сжимаемости и внутреннего трения в грунтах / Г.И. Покровский, А.А. Эрлих, Н.В. Лалетин, Ф.А. Лаш, В.Г. Булычев // Вестник Военно-Инженерной Академии РККА. – М. – № 6. – 1934.
2. Ставницер, Л.Р. Динамические трехосные испытания песчаных грунтов / Л.Р. Ставницер, З.С. Карпушина // Основания, фундаменты и механика грунтов. – № 1. – 1973.

УДК 728.54

*Ковальчук Д.В., Чальцева Т.В.*

*Научный руководитель: кандидат архитектуры, доцент Власюк Н.Н.*

#### АРХИТЕКТУРА СОВРЕМЕННЫХ КУРОРТНО-ТУРИСТСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Целью данной работы является привлечение внимания к проблеме развития туристического бизнеса и, как следствие, потребности в современных туристических объектах.

**Тенденции развития туризма, современная архитектура туристских комплексов.** Началом развития туризма являются 30-е годы XIX века. Постепенно он превращался в одну из доходных отраслей экономики. Строительство отелей, санаториев, музеев, вокзалов, определило основы инфраструктуры туризма будущего.

На сегодняшний день туризм – одно из наиболее динамичных явлений современного мира. В последнее время он приобрел колоссальные темпы роста и масштабы влияния на уровень развития мирового сообщества в целом. Туризм стал тотальным, всеохватывающим. Количество оно туристов на планете в начале XXI века составило более 1 млрд. человек и оно продолжает увеличиваться, поэтому города заинтересованы в притоке туристов, т.к. в дальнейшем и далее ожидается этой отрасли бурное развитие.

Развитие туризма позволяет решить такие вопросы, в процессах социально-экономического развития, как: увеличение инвестиций (что отражается и на архитектуре); увеличение поступления средств, в том числе валютных, за счёт обслуживания туристов; повышение занятости населения за счёт создания новых рабочих мест в системе обслуживания туристов. Развитие туризма создаёт прочную экономическую базу для восстановления, содержания, ремонта объектов, представляющих собой историко-культурную ценность, и создания новых и неповторимых объектов, которые в дальнейшем могут стать визитной карточкой города и будут привлекать всё большее внимание туристов.

Основными видами туризма, получившими широкое распространение в городах, являются: познавательный, развлекательный, деловой, спортивный, транзитный туризм.

Кроме того, при наличии соответствующих ресурсов, в городах могут развиваться: лечебно-оздоровительный, экстремальный и другие виды туризма. Такое разнообразие видов туризма даёт большие возможности в создании новых архитектурных форм, что немаловажно для формирования облика города.

Организация туризма в городах разных типов имеет свои особенности. Специальные требования предъявляются к функционально-планировочной и композиционно-пространственной организации туристских комплексов, зон, трасс, к размещению и развитию объектов туристской инфраструктуры, оптимизации транспортных и пешеходных связей, организации туристских маршрутов. Важно формирование индивидуального архитектурно-художественного облика городов – центров туризма.

Историческая, культурная, художественная ценность достопримечательностей, привлекающих туристов, существенно влияет на их посещаемость, поэтому важно различать туристские комплексы, включающие объекты разной степени ценности. Объектами посещения туристов в основном являются памятники архитектуры, истории, культуры, места, связанные с важными историческими событиями и личностями. Наиболее посещаемы туристами комплексы, в которых имеются объекты, включённые в Список всемирного наследия ЮНЕСКО – историко-культурные или природные ценности международного значения. Что касается Беларуси, то на сегодняшний день в этот список входят: Мирский замок, Беловежская Пуща, Дуга Струве. Рассматривается вопрос о внесении в этот список и Несвижского замка.

При архитектурно-пространственной организации туристских территорий должны учитываться особенности градостроительных условий – местоположение общественных центров, транспортных объектов и сооружений, жилых, производственных, озеленённых территорий. Как сами туристские комплексы и зоны, так и прилегающие к ним территории постоянно развиваются и видоизменяются. Эти изменения также должны учитываться.

Важно эффективно использовать природно-ландшафтные особенности территории. Близость к паркам, рекам, озёрам, водохранилищам, удалённость от источников загрязнения, расположение множества озеленённых открытых пространств создают все возможности для формирования экологически благоприятной среды в пределах туристских территорий. Поэтому последние годы архитекторы всё чаще стараются сделать проекты экологически чище, с применением природных строительных материалов и новейших технологий.

На сегодняшний день идёт большая конкуренция за право считаться самым привлекательным и желанным местом для посещения и отдыха. Архитектура принимает участие в борьбе за клиента, посетителя, покупателя, привлекая его за счёт своей новизны, неповторимости, комфортности и разнообразия архитектурных форм.

**Опыт проектирования и строительства туристских комплексов в отечественной и зарубежной практике.** Рассматривая особенности проектирования туристских объектов на отдельном примере, хочется выделить следующие проекты, которые являются весьма интересными и необычными:

1) *Город-клуб Astra Montenegro (Черногория)* находится в самом центре Будванской Ривьеры, на мысе, разделяющем город Будву – один из старейших городов Адриатического побережья – и посёлок Бечичи, где сосредоточены лучшие отели Черногории. Новый город-клуб расположен в одном из самых экологически благоприятных оазисов Европы и окружен заповедной природой. Его центром является 26-этажная башня-«парус» с жилыми апартаментами. По склону холма спускаются к воде 43 виллы. Трёх-и-четырёхэтажные здания повторяют плавные линии «Волны».

Сильной стороной комплекса является наличие множества озеленённых пространств, рекреационных зон.

2) **Курорт RAK JEBEL AL JAIS MOUNTAIN RESORT (ОАЭ)** располагается среди чёрных базальтовых скал. Его здания соединяет десятикилометровая канатная дорога, идущая по гребням. Её траекторию подчёркивают виллы, каждая с садом на крыше. Информационным пунктом и терминалом канатной дороги является консоль, выдающаяся в сторону Персидского залива. Одну из долин пересекает «дамба» с апартаментами и гостиничными номерами. Несколько пиков связывает между собой жилой «мост». Все фасады выполнены из бетона, перфорированного арабесками, что является характерным и традиционным для архитектуры ОАЭ.

К положительным качествам данного проекта можно отнести: архитектура несёт в себе идеальное сочетание открытого зелёного пространства и инновационных технологий; использование местных природных материалов.

3) **Курорт ZIRA ISLAND (Азербайджан)**. Его «небесную линию» составляют семь зданий. Своей формой они повторяют очертания семи горных пиков, видных из Баку. У каждого есть своя оригинальная структура из повторяющихся геометрических элементов. Кроме основных зданий, здесь построят посёлок на 300 вилл.

4) **Проект экотуристского комплекса (Армения)**. Этот необычный эко-объект создавался для маленького туристического города Дилижан, расположенного в Армении. Основной задачей авторов было сохранение природно-климатических особенностей города, за счет максимального интегрирования здания в окружающую среду. Так возник образ здания, которое органично сливается с окружающим ландшафтом и, визуально повторяя формы рельефа, создает впечатление горного разлома.

Немаловажным фактором популярности проекта стало использование экологически чистых технологий и строительных материалов.

5) **Санаторий «Дружба» (Ялта, Украина)** расположен в 8 км от центра Ялты, рядом с посёлком Гаспра, на самом берегу Черного моря. Основной корпус санатория «Дружба» по своим объёмно-планировочным и конструктивным решениям не имеет аналогов и является уникальным. Форма зданий позволяет расширить границу обзора, из окон открывается прекрасный вид на морские просторы и неповторимый крымский ландшафт. Оборудована прогулочная терраса, откуда открывается живописная панорама курорта.

6) **Горнолыжный комплекс «Логойск» (Беларусь)** расположен рядом с одноимённым городом в 30 км от Минска. Склоны обслуживаются четырёхрессельным подъемником длиной 626 м и пропускной способностью 1970 чел/час, на учебной горке работает мультитлифт. Имеется 5 трасс длиной 630–810 м и учебный склон длиной 120 м. В вечернее время трассы освещаются. Имеется система искусственного оснежения.

К положительным качествам данного комплекса можно отнести: хороший сервис; удобная стоянка; наличие сноупарка; красивые живописные места. К недостаткам данного комплекса – скучность основной трассы.

7) **Горнолыжный центр «Силичи» (Беларусь)** находится в 32 км от столицы. Он был создан по распоряжению Президента в рамках действующей в Беларуси государственной программы оздоровления нации. Это – гордость отечественной индустрии туризма и отдыха. Главным преимуществом участка является здешний холмистый ландшафт.

8) **Мирский замок (Беларусь)** выдающееся произведение белорусского зодчества. В его архитектуре нашла зримое отражение эпоха феодализма: за мощными стенами и башнями стоял богатый дворец. Выполненный из камня и кирпича, окруженный земляными валами с бастионами и рвами с водой, замок своей монументальностью и непри-

ступностью олицетворял силу и неограниченную власть феодала. Замок в Мире — занимает 26 га. В его структуру, кроме Мирского замка и усыпальницы, входят итальянский ренессансный сад, английский парк и пруд. Мирский замок включен в 2000 году в Список Всемирного культурного наследия ЮНЕСКО.

Положительные качества данного комплекса: большая степень сохранности объекта; размер ансамбля позволяет охватить застройку взглядом целиком, что создаёт целостность композиционного решения; композиционное разнообразие проявляется в использовании зданий разной величины, высоты, стилистики; возможность проведения культурно-массовых мероприятий. К отрицательным качествам данного комплекса можно отнести недостаточное качество реставрационных работ.

**9) Замково-архитектурный комплекс Несвиж (Беларусь)** — памятник архитектуры XVI-XVIII веков. На протяжении всей своей истории замок достраивался и обновлялся. В результате архитектурный комплекс вобрал в себя черты ренессанса, раннего и позднего барокко, рококо, классицизма, неоготики и модерна.

Вокруг замка расположен великолепной красоты парк. Территория парка сейчас складывается из пяти частей: Замковый участок, Старый парк (заложен в 1879 году), Японский парк (заложен в 1911–1914 годах). Новый парк и Английский парк занимают площадь свыше 90 гектаров. Художественную ценность составляют разнообразные зеленые насаждения, искусно подобранные и размещенные. Романтическое настроение создают многочисленные скульптуры.

К положительным качествам данного комплекса можно отнести то, что в бывшей столице Радзивиллов регулярно проходят музыкальные концерты и фестивали средневековой культуры.

**Заключение.** В Беларуси имеется ряд особенностей, которые следует учитывать при проектировании туристских объектов для того, чтобы привлечь больше внимания туристов, инвесторов и сделать нашу страну более посещаемой, привлекательной и желанной в сфере туризма. В результате проведенного анализа строительства туристских комплексов можно сделать следующие выводы:

- Несмотря на то, что Беларусь обладает богатым природным и культурным потенциалом, она по-прежнему занимает довольно скромное место на международном туристском рынке. Остро ощущается дефицит мест для проведения комфортного и разнообразного 2–3-дневного отдыха. Большинство возможных объектов туристского показа нуждаются в восстановлении, реконструкции, обустройстве подъездных путей, смотровых площадок и т.д. Проблема состоит не в том, что памятник истории плохо сохранился или полуразрушен, а в отсутствии той «изюминки», которая может привлечь туриста. Ведь его интересуют не только памятники истории и архитектуры, но и само место, где происходили события.

- Сегодня практически все регионы Беларуси с точки зрения развития туризма находятся в одинаково сложных условиях. Выход может быть один: акцентирование внимания на развитии в каждой области 2–3 наиболее привлекательных для туристов ключевых туристских территорий, подчеркивающих отличие региона от других мест. Такой подход позволит объединить в единый комплекс туристские объекты, находящиеся в удобной транспортной доступности от мест проживания туристов, обеспечить рациональное использование туристских ресурсов и привлекательность территорий через комплексное управление и маркетинг, а также даст импульс к развитию исторически сложившихся этнотерриториальных регионов Беларуси и поможет преодолеть ряд негативных тенденций в белорусском туризме.

• Основной интерес для туристов из стран Западной Европы, США и Японии представляет нетронутая окружающая среда, природные богатства, древние ландшафты и многообразие флоры и фауны, и всё это у нас есть. Для этой категории туристов замковые комплексы «Мир» и «Несвиж» целесообразнее использовать как центры культурных традиций, а не как памятники истории и архитектуры. Внимание польских и литовских туристов, очевидно, больше привлечет общая история периода ВКЛ и Речи Посполитой. Мотивом к приезду жителей республики могут стать культурно-массовые мероприятия (фестивали, фэсты, спортивные события), отдых на природе с посещением туристских объектов.

• Комплексный подход при создании туристско-культурной территории на базе замковых комплексов «Мир» и «Несвиж» позволит создать благоприятные условия для успешного развития туризма в данном регионе, а также на других туристско-культурных территориях Республики Беларусь.

• Культурно-массовые мероприятия могут быть серьезным мотивом увеличения количества туристов. Некоторые мероприятия можно сделать традиционными (например, фестиваль старинной музыки, конкурсы народных умельцев, рыцарские турниры, ряд обрядовых праздников, литературные вечера, театральные встречи). Местом проведения зрелищных мероприятий (костюмированных представлений, концертов, турниров и т.п.) может стать как помещение, так и площадка под открытым небом. Не должно остаться без внимания ни одно историческое событие, имевшее место в данной местности. При этом следует учитывать, что восприятие современного туриста больше ориентировано на активное участие, а не только на пассивное созерцание, поэтому он должен стать частью этого мероприятия.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лукьянова, Л.Г. Рекреационные комплексы: учебное пособие / Л.Г. Лукьянова, В.И. Цыбух; под общей редакцией В.К. Федорченко – Киев: Вища школа, 2004. – 365 с.
2. Потаев, Г.А. Преобразование и развитие городов – центров туризма / Г.А. Потаев. – Мн.: БНТУ, 2010. – 227с.

УДК 624.012

**Колодич Ю.В.**

*Научный руководитель: к.т.н., профессор Малиновский В.Н.*

#### РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ АРОЧНЫХ ПОДКРАНОВЫХ ФЕРМ В ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЯХ

В промышленном строительстве для каркасов производственных зданий применяют, в основном, преднапряженные железобетонные конструкции [1]. Основные несущие конструкции продольного направления каркаса (подкрановые балки и плиты покрытия) связывают между собой поперечные рамы, в состав которых входит преднапряженный ригель (фермы, балки, арки). Масштабы последнего периода развития капитального строительства диктуют требования по непрерывному развитию и техническому совершенствованию сборных элементов, из которых монтируются промышленные здания.

Традиционно совершенствование ЖБК ведется по двум направлениям:

- применение новых эффективных классов сталей и высокопрочных бетонов при сохранении ранее принятых статических схем стропильных конструкций;



из кабины грузоподъемностью 20 т. Группа режима работы крана – 5К. В расчете были приняты следующие схемы загрузки, которые показаны на рисунке 3.

Статический расчет конструкции производили с помощью программного комплекса «Лира». Из полученных усилий рассматривали следующие комбинации: наибольший положительный момент  $M_{max}$  соответствующая ему продольная сила  $N$ ; наибольший отрицательный момент  $M_{min}$  соответствующая ему продольная сила  $N$ ; наибольшая продольная сила  $N_{max}$  соответствующий ей момент  $M$ .

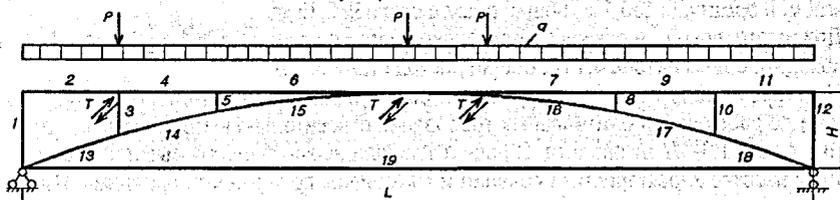


Рисунок 2 – Расчетная схема фермы

где  $q$  – равномерно распределенная нагрузка от массы балки и кранового пути, кН/м;  $P$  – нагрузка от вертикального давления колеса крана, кН;  $T$  – горизонтальная поперечная нагрузка от торможения крана, кН;  $L$  – длина балки, м;  $H$  – высота балки, м.

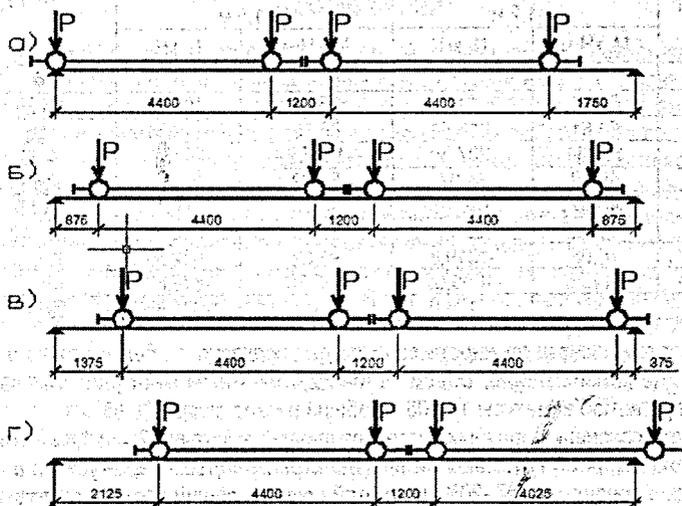


Рисунок 3 – Схемы загрузки вертикальной нагрузкой

Для расчета принят бетон по прочности на сжатие класса  $C_{30/37}$ , преднапряженная канатная арматура класса S1400, в качестве ненапрягаемой арматуры использовали S500 и S240. Класс по условиям эксплуатации XC1.

Стойки рассчитывались как внецентренно сжатые элементы прямоугольного сечения, верхний пояс – как внецентренно сжатый элемент таврового сечения. Элемент номер 19 (рис. 2), выступающий в качестве затяжки, рассчитывался как центрально растянутый

элемент с предварительно напряженной арматурой. При загрузке конструкции горизонтальной нагрузкой подбиралась преднапряженная арматура, располагающаяся в верхнем поясе фермы.

При сравнении технико-экономических показателей серийной подкрановой балки [1] и подкрановой балки арочного очертания были получены следующие результаты.

Для изготовления подкрановой балки арочного очертания по результатам расчета всех сечений необходимо: объем бетона 2,5 м<sup>3</sup>, расход ненапрягаемой арматуры 776,78 кг, напрягаемой арматуры 130,1 кг, общий расход стали 982,16 кг.

Для изготовления же обычной подкрановой балки по серии 1.426.1-4 [1], марка БК12-8 необходим: объем бетона 4,1 м<sup>3</sup>, общий расход стали 937 кг.

На втором этапе нашего исследования была увеличена высота подкрановой конструкции до соблюдения оптимальных требований относительно высоты стрелы подъема арки к длине 1/6–1/7 от пролета. В расчет приняли арочную ферму высотой 1800 мм, а геометрические характеристики сечений и материалы принимались прежними. Изменения усилий в элементах рассматриваемых вариантов конструктивных решений подкрановых балок арочного очертания представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчетные усилия фермы

Элемент	Расчетные усилия				$\Delta N , кН$
	Подкрановая ферма H=1,2 м		Подкрановая ферма H=1,8 м		
	M, кН·м	N, кН	M, кН·м	N, кН	
1	2	3	4	5	6
1-12	27,45	-211,42	35,64	-198,16	13,26
3-10	54,61	-216,64	86,65	-219,54	2,9
5-8	146,34	-207,39	139,59	-211,75	4,36
2-11	48,59	34,87	57,92	32,44	2,43
4-9	46,52	139,74	49,5	151,29	11,55
13-18	71,32	-1225,71	72,15	-892,29	333,42
14-17	76,06	-1319,8	91,82	-992,66	327,14
15-16	214,28	-1009,09	165,65	-843,82	165,27
19	-	-1175,0	-	-881,55	293,45

По результатам расчета прочности сечений для подкрановой балки арочного очертания высотой 1,8 м необходимо: объем бетона 2,6 м<sup>3</sup>, масса ненапрягаемой арматуры 734,77 кг, напрягаемой арматуры 104,08 кг, общий расход стали 838,85 кг.

В результате сравнения арочных систем различной высоты (1,2 м и 1,8 м) оказалось, что вследствие принятия оптимальной высоты стрелы подъема арки усилия в элементах снизились в среднем на 17–20%, и по этой причине общий расход арматуры уменьшился на 14,5%.

Таким образом, совершенствуя конструктивные решения подкрановых балок, применяя конструктивные формы, в которых более полно используются прочностные характеристики бетона, можно добиться лучших экономических (критерий оценки производился по расходу материала, так как их эксплуатационные и технологические характеристики практически равноценны), конструктивных (так как нет необходимости арочную балку закрывать стеновыми панелями, как это делается при применении подкрановой балки) показателей и архитектурной выразительности интерьера помещений и фасадов зданий.

## СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Общесоюзный каталог типовых конструкций и изделий. Железобетонные конструкции и изделия одноэтажных зданий промышленных предприятий: сборник 3.01.П-1.90: в 3-х т. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1991.
2. Нагрузки и воздействия (Дополнения. Разд. 10. Прогобы и перемещения): СНиП 2.01.07-85 / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 8 с.
3. Справочник проектировщика. Сборные железобетонные конструкции / Под общ. редакцией проф. В.И. Мурашова – Москва, Госстройиздат, 1959. – 603 с.
4. Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 503.01-02 – Мн.: Стройтехнорм, 2002. – 274 с.
5. Железобетонные конструкции. Основы теории, расчета и конструирования // Курс лекций для студентов строительных специальностей / Под редакцией проф. Т.М. Пецольда и проф. Тура. – Брест: БГТУ, 2002. – 466 с.

УДК 629.083

*Лушка Р.Ю., Нуриев Ф.Д.*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Дерещук Е. М.*

## ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ ВЫБОРА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

При проектировании конструкций, сооружений, машин, инженер сталкивается с многочисленными вопросами: от идеи создания конструкции и непосредственно до её реализации. Форма конструкции, её размеры, применяемый материал и экономические факторы должны оцениваться постоянно в комплексе на любом этапе её проектирования и изготовления. Перед инженером всегда стоит вопрос: как из огромного количества конструкционных материалов выбрать именно тот, который нужен? Т.е. делать конструкцию из стали, дерева, алюминия, пластмассы или из нетрадиционного материала. Если мы знаем размеры конструкции и свойства материала, из которого она сделана, можно на стадии проектирования попытаться предсказать, насколько она будет прочна, и как будет деформироваться под нагрузкой. От того, как правильно была поставлена задача проектирования и её поэтапное выполнение, зависит дальнейший результат. Этот процесс может быть коротким или длительным, успешным или безрезультатным. И для того, чтобы этот процесс был наиболее успешным, предлагается следующая схема проектирования конструкции:

1. Изучение достижений в этой области;
2. Анализ востребованности данной конструкции и её соответствие современным требованиям;
3. Подбор материалов;
4. От инженера требуется правильно выбрать:
  - 4.1. расчётную схему конструкции;
  - 4.2. режимы её работы;
  - 4.3. характер и метод расчёта;
  - 4.4. правильно оценивать расчёт;
  - 4.5. уметь оценивать надёжность проектируемой или уже изготовленной конструкции;
5. Разработка технологии изготовления конструкции;

6. На основании существующих методов испытания модели проверка возможности использования данной конструкции;
7. И после этого, убедившись в соответствии с требованиями, и при возможности изготавливаем натурный образец, который подвергаем таким же испытаниям, как и модель.
8. Если опытный образец отвечает всем необходимым требованиям, то приступаем к производству этой конструкции.

Безусловно, все факторы являются важными при создании любой конструкции, здания или сооружения, но, на наш взгляд, особое внимание следует уделить выбору материала, являющегося доминирующим фактором. Часто наступает момент, когда существующие материалы и методы проверки прочности не в состоянии удовлетворить потребностям практики, ставящей на очередь решение новых задач (в наше время сюда относятся использование больших скоростей в технике вообще, в воздухоплавании в частности, перекрытие больших пролетов, динамические задачи и др.). Тогда начинаются поиски новых материалов, исследование их свойств, улучшение и создание новых методов расчета и проектирования. В некоторых случаях, помимо основных требований — надежности и наибольшей экономии, приходится при выполнении конструкции удовлетворять и другим условиям, например, требованиям быстроты постройки, минимального веса. Особенно при проектировании конструкций следует учитывать влияние следующих факторов на механические свойства материалов:

**1. Химического состава.** Говорить о влиянии химического состава материалов на их свойства, не вводя никаких ограничений, невозможно. Не лишена смысла лишь такая постановка вопроса, в которой изучается влияние тех или иных добавок (или их комбинаций) к основному материалу на свойства последнего. Путем легирования стали улучшают свои физические, химические и механические свойства. Благодаря легирующим добавкам Mn, Cr, Ti, V, W, Mo, Ni, Co и другим повышается прочность сплавов посредством одного лишь легирования на 10–30%. Если сплав представляет собой твердый раствор, то упрочнение происходит за счёт искажения решётки вблизи мест расположения атомов растворимого вещества (легирующей добавки). Если сплав представляет собой механическую смесь различных фаз, то включения легирующего элемента с поверхностью раздела также повышают прочность, являясь препятствиями для движущейся дислокации.

**2. Влияние термической обработки.** Улучшить физические, химические и механические свойства металлов можно также путем термической обработки: закалки, отпуска, нормализации, нитрирования (азот) и цианирования (кремний). Термическая обработка является одним из весьма существенных классов операций в технологии получения материалов необходимых качеств. Это относится в первую очередь к металлам, но в большой мере справедливо и для материалов, в основе которых лежат полимеры, а также для ряда силикатов (неорганическое стекло, ситаллы). Но мы рассмотрим лишь термическую обработку металлов.

Нужно отметить две особенности компонентов, образующих сплавы. Наличие этих особенностей создает условия для применения термической обработки с целью улучшения свойств сплава. Одной из них является растворимость одного компонента в другом, изменяющаяся с изменением температуры. Вторая состоит в наличии хотя бы у одного из компонентов аллотропической модификации. При наличии хотя бы одной из этих особенностей возникает возможность закалки, состоящей в том, что путем нагрева сплава и последующего быстрого охлаждения фиксируется то состояние сплава, которое он имел при высокой температуре, или одно из состояний, соответствующих какой-то промежуточной температуре.

Сплав, получающийся в результате закалки, имеет неустойчивое состояние. Для придания ему большей устойчивости выполняется еще одна термическая обработка – отпуск, состоящая в нагреве до температуры, значительно меньшей, чем температура закалки, и медленном охлаждении. В процессе отпуска часть легирующей добавки выделяется из пересыщенного раствора в виде включений с поверхностью раздела, и такая комбинация повышает прочность в большей мере, чем одна пересыщенность раствора.

**3. Влияние деформации в холодном состоянии.** Если металл в холодном состоянии подвергнуть предварительной деформации — нагартовке, накатке роликами, волочению, обработке дробью и т. п. — структура на поверхности металла изменяется; сильно искажается решетка, повышается предел текучести и снижается пластичность. Это происходит в результате следующих процессов: если рассмотреть шлиф металла, то есть зёрна феррита (белые), а между ними зёрна перлита (чёрные), которые твёрже. В результате внешнего воздействия они продавливают феррит и начинают контактировать между собой. Описанный выше процесс механической холодной деформации называется наклепом. В процессе механической обработки в холодном состоянии происходит дробление и вытягивание зерен, образуются так называемые «фрагменты», увеличивается общая поверхность границ, уменьшаются блоки внутри фрагментов, что аналогично образованию границ между пластинками и внутри зерна при мартенситной структуре – наиболее прочной мелкозернистой структуре. Ввиду различной ориентации зерен, при общей деформации (удлинении) образца, выражаемой каким-то определенным процентом, процент деформации (удлинения материала) внутри различных зерен оказывается весьма различным. При трехосном же сжатии происходит улучшение связей между зернами, смыкаются микротрещины. Устранение множества дефектов может повысить пластичность материала и перевести материал из хрупкого состояния в пластичное.

При холодной деформации металла происходит преимущественная ориентировка кристаллитов в каком-то из направлений (текстура). В материале при этом появляется технологическая анизотропия.

Все отмеченные выше изменения в металле при наклепе связаны с накоплением внутри металла части энергии, затраченной при механическом воздействии на металл. Другая часть этой энергии – тепловая энергия – рассеивается в окружающую среду. Наклеп используется в технике с целью повышения прочности изделий. При использовании для наклепа дробеструйной или дробеметной обработки или обкатки роликами происходит повышение предела выносливости металла.

Наклепанное состояние металла неустойчиво – в нем самопроизвольно происходит снятие искажений структуры, вызванных наклепом. Этот обратный процесс называется отдыхом или возвратом металла. При комнатной температуре отдых происходит очень медленно; он значительно ускоряется при нагреве (для углеродистой стали до 200–400°C). Следовательно, отдых можно рассматривать как разновидность термической обработки. С течением времени интенсивность протекания отдыха при неизменной температуре падает. Эта интенсивность тем больше, чем выше температура отдыха. Полного устранения искажений в структуре, внесенных в металл наклепом, при отдыхе не происходит.

Для полного снятия наклепа необходим нагрев до более высокой, чем при отдыхе, температуры. В таком случае в металле происходит процесс рекристаллизации, состоящий в восстановлении исходных свойств наклепанного металла. При рекристаллизации зерна металла перестраиваются: укрупняются, становятся равновесными, т. е. размеры зерен во всех трех измерениях оказываются одного порядка, происходит

уменьшение суммарной поверхности границ между зёрнами, и металл становится менее прочным и твердым, но более пластичным.

**4. Физико-химические взаимодействия с окружающей средой.** Физико-химическое взаимодействие с окружающей средой. Растяжение за пределом упругих деформаций увеличивает скорость коррозии. Если напряжения в металле ниже определенного уровня, разрушение не наступает даже при значительной продолжительности испытаний в коррозионной среде. Здесь предполагается, что уменьшение поперечных размеров элемента вследствие коррозии невелико, и его можно не принимать во внимание. При превышении же указанного уровня напряжений отрезок времени от нагружения до разрушения уменьшается с увеличением уровня напряжений. Этого в отсутствие коррозии не наблюдается. Имеет место явление так называемого внутрикристаллического и межкристаллического коррозионного растрескивания. В условиях определенных напряженных состояний (возникающих, например, при растяжении с кручением) и наличия коррозионно активной среды происходит охрупчивание материала.

В ряде случаев в металле, испытывающем механические напряжения, наблюдается наиболее опасная – межкристаллическая коррозия. Ею объясняется часто обнаруживаемое межкристаллическое разрушение металла в котлах. Наклеп металла приводит к интенсификации коррозии подобно тому, как интенсифицируется окисляемость при высоких температурах. В напряженном наклепанном металле часто возникает межкристаллическая коррозия. Наиболее опасно сочетание периодической переменности нагрузок и условий, способствующих коррозии. При таком сочетании разрушение превышает сумму разрушений, возникающих при самостоятельном действии каждого из двух указанных факторов. Наиболее чувствительны к коррозии такие механические свойства, как сопротивление разрушению и относительное поперечное сужение. Сопротивление металлов и сплавов атмосферному воздействию и воздействию воды речной и морской часто обеспечивается образованием поверхностной защитной плёнки.

Если инженер будет следовать вышеизложенной схеме проектирования конструкции и у него будет достаточное количество опыта и знаний, чтобы учесть все аспекты и факторы, то получится достаточно жёсткая, прочная, экономичная и устойчивая конструкция, которая и необходима.

УДК 69.007.658.012

**Матвеевко Н.В.**

**Научный руководитель: ст. преп. Срывкина Л.Г.**

## **АКТУАЛЬНОСТЬ КОНТРАКТОВ FIDIC В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

Сегодня становится очевидным, что дальнейшее развитие строительного комплекса республики невозможно без перемен в системе управления архитектурной и градостроительной деятельностью. При этом следует принять во внимание положительный международный опыт и максимально адаптировать его к условиям нашей страны, создать аналогичный европейскому инструмент регулирования взаимоотношений подрядчиков (строителей и проектировщиков) и заказчиков [1].

В данной сфере огромный опыт накоплен FIDIC (Federation Internationale des Ingenieurs-Counseils) – Международной федерацией инженеров-консультантов. FIDIC профессионально занимается решением задач по созданию стандартов документации, которые позволяют упростить процесс проведения подрядных торгов (тендеров), явля-

ются удобными в применении и могут многократно использоваться в различных строительных проектах.

В настоящее время в FIDIC входит около 80 национальных ассоциаций, представляющих более 4000 практикующих инженеров-консультантов. Республику Беларусь в данной международной организации с 2003 года представляет Белорусская ассоциация инженеров-консультантов. FIDIC разработаны девять типовых проформ контрактной документации, восемь из которых имеют неофициальное название «по цвету» [2, 3]:

- «Условия контракта на сооружение объектов гражданского строительства» («Красная книга») – «Conditions of Contract for Works in Civil Engineering Construction» («Red Book»).
- «Условия субдоговора на сооружение объектов гражданского строительства» – «Conditions of Subcontract for Works in Civil Engineering Construction».
- «Типовой договор между заказчиком и консультантом на оказание услуг» («Белая книга») – «Client/Consultant Model Services Agreement» («White Book»).
- «Условия контракта на проектирование, строительство и сдачу объектов «под ключ» («Оранжевая книга») – «Conditions of Contract for Design-Build and Turnkey» («Orange Book»).
- «Условия контракта на электромонтажные работы и работы по монтажу механического оборудования» («Желтая книга») – «Conditions of contract for Electrical and Mechanical Works» («Yellow Book»).
- «Условия контракта на строительство» – «Conditions of Contract for Construction, First Edition» («New Red Book») – рекомендуются при проведении строительных или инженерных работ, спроектированных заказчиком или его представителем, инженером.
- «Условия контракта на поставку оборудования, проектирование и строительство» – «Conditions of Contract for Plant and Design and Build, First Edition» («New Yellow Book»).
- «Условия контракта для проектов, выполняемых «под ключ» – «Condition for Contract for EPC Turnkey, First Edition» («Silver Book») – рекомендуются при строительстве «под ключ» полностью оборудованного и готового к эксплуатации завода, электростанции или другого аналогичного объекта, где важна точность оценки конечной стоимости объекта и сроков его строительства, при этом подрядчик несет всю полноту ответственности за разработку проекта и осуществление работ с минимальным участием заказчика.
- «Краткая форма контракта» – «Short Form of Contract, First Edition» («Green Book») – рекомендуется при выполнении строительных и инженерных работ с относительно малым объемом инвестиций.

Проформы FIDIC ориентированы, в первую очередь, на проведение международных тендеров на строительство, но могут применяться и на национальном уровне. В целом они не имеют общеобязательной силы. Однако если какие-то их положения включены в конкретный договор строительного подряда или на них даны там ссылки, то данные положения становятся обязательными для участников договора.

Использование проформ FIDIC в конкретном государстве имеет свои ограничения, связанные с определенными недостатками данных документов. Отметим сначала основные достоинства: универсальность (применимость к различным проектам; каждая форма легко поддается изменениям в соответствии с конкретными потребностями сто-

рон договора); высокая степень детализации; известность международным заказчикам, подрядчикам и финансовым институтам; успешная многолетняя практика применения.

Недостатки выражаются в следующем: возможной недостаточной адаптации к правовой системе конкретного государства (наличие в проформах терминов и механизмов, отсутствующих или отличных от правовых норм данного государства); сложности в использовании (каждый договор на основе проформы FIDIC традиционно состоит из множества документов); недостаточной индивидуализации для конкретного объекта или отрасли строительства [4].

Для применения типовых условий контрактов FIDIC на национальном уровне необходима соответствующая адаптация, поскольку имеют место существенные их отличия от норм Гражданского кодекса Республики Беларусь, Правил заключения и исполнения договоров (контрактов) строительного подряда [5] и других нормативных правовых актов. Автором выполнено сопоставление условий Примерного договора (контракта) строительного подряда, утвержденного приказом Минстройархитектуры Республики Беларусь [6], и Условий контракта на проектирование, строительство и сдачу объектов «под ключ» («Оранжевой книги», [7]), результат которого представлен в таблице.

**Таблица** – Сравнительный анализ положений договора строительного подряда Республики Беларусь и международного договора FIDIC («Оранжевой книги»)

Примерный договор (контракта) строительного подряда, утвержденный приказом Минстройархитектуры [6]	«Условия контракта на проектирование, строительство и сдачу объектов «под ключ» («Оранжевая книга», [7])
<b>ЗАКАЗЧИК</b>	
Предает строительную документацию; предоставляет строительную площадку; создает геодезическую разбивочную основу; выполняет пусконаладочные работы; получает разрешение на присоединение к инженерным сетям и осуществляет подключение новых инженерных коммуникаций к существующим	Предоставляет строительную площадку; оказывает содействие подрядчику в обращениях за получением разрешений, лицензий и одобрений; предоставляет все данные по гидрогеологическим и геологическим условиям на строительной площадке
<b>ПОДРЯДЧИК</b>	
Осуществляет строительство; обеспечивает качество выполненных работ; обеспечивает поставку необходимых конструкций; производит испытания; устраняет недоделки и дефекты	Проектирует, выполняет и завершает строительство объектов; предоставляет строительную документацию; отвечает за адекватность, постоянство и безопасность всех работ на строительной площадке
<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ</b>	
Осуществляет заказчик своими силами либо с привлечением проектной организации. Проект может выполняться силами подрядчика с последующим утверждением у заказчика (заключается отдельный договор)	Подрядчик осуществляет проектирование, составление всей строительной документации с предоставлением на утверждение заказчику. При этом заказчик несет полную ответственность за неточности, ошибки в проекте, а также обязан отвечать по искам, возместить Заказчику все расходы по искам, предъявляемым в связи с нарушением любого патентного права, права на зарегистрированный проект, авторского права и т. д.

**СУБПОДРЯДЧИК**

Генеральный подрядчик самостоятельно производит заключение договоров субподряда и обеспечивает их выполнение	Подрядчику не требуется получение согласия на закупку материалов или заключение договоров субподряда, субподрядчик для которых указан в контракте; на заключение договоров субподряда с прочими предполагаемыми субподрядчиками должно быть получено предварительное согласие представителя заказчика; за 28 дней до начала выполнения работ подрядчик обязан сообщить представителю заказчика о начале выполнения работ
--	--

**ЦЕНА КОНТРАКТА И ПОРЯДОК РАСЧЕТОВ**

Цена контракта устанавливается в ходе подрядных торгов; плата вносится за каждый расчетный период. Может быть изменена при внесении заказчиком изменений в утверждаемую часть проектной документации; изменении законодательства о налогообложении, наличии инфляционных процессов в период исполнения договора	Оплата работ по строительству объектов производится на основании паушальной цены. Цена контракта не подлежит корректировке в зависимости от изменений стоимости рабочей силы, материалов или прочих вопросов. Заказчик производит подрядчику беспроцентные авансовые платежи за мобилизацию и проектные работы
---	--

**ИЗМЕНЕНИЕ КОНТРАКТА**

Изменения и дополнения в договор вносятся путем заключения сторонами дополнительного соглашения в порядке, установленном законодательством	В любое время в пределах срока действия контракта представитель заказчика вправе инициировать внесение изменений либо путем выдачи подрядчику соответствующего указания, либо обратившись к нему с просьбой представить какое-либо предложение. Подрядчик не вправе вносить изменения до одобрения их заказчиком
--	--

**ЭКОНОМИЯ СРЕДСТВ**

Средства, сэкономленные подрядчиком, остаются в распоряжении у подрядчика	Подрядчик может в любое время представить представителю заказчика письменное предложение, которое, по мнению подрядчика, позволит уменьшить стоимость строительства, либо улучшить эксплуатационные характеристики или увеличить их ценность для заказчика, либо принести какую-либо иную выгоду заказчику
---	--

**НЕИСПОЛНЕНИЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ ПОДРЯДЧИКОМ**

Подрядчик несет ответственность за: несвоевременное обеспечение строительной готовности работ; за несвоевременное устранение дефектов, выявленных в период гарантийного срока эксплуатации объекта	Заказчик вправе прекратить найм подрядчика по контракту и удалить его со строительной площадки, уведомив его об этом за 14 дней, если подрядчик не выполнит требований по устранению дефектов; расторгнет контракт или откажется от его исполнения; без разумных причин не начнет строительство, не продолжит строительство или не сможет доказать, что к работам по проектированию объектов привлечены достаточные ресурсы; станет банкротом или неплатежеспособным, ликвидируется; переуступит контракт или заключит договор субподряда на строительство объектов без необходимого согласия
--	---

### НЕИСПОЛНЕНИЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ ЗАКАЗЧИКОМ

Заказчик несет ответственность: за необоснованное уклонение от приемки объекта (работ, услуг) в эксплуатацию и оформления соответствующих документов; за несвоевременное перечисление аванса, средств на оплату выполненных и принятых в установленном порядке строительных; за нарушение сроков поставки технологического оборудования и инвентаря	При задержке платежей подрядчик вправе приостановить работы. Подрядчик вправе расторгнуть контракт, если заказчик: не уплатит подрядчику сумму, подлежащую уплате; станет банкротом или неплатежеспособным, ликвидируется; постоянно не исполняет обязательств заказчика по контракту или переуступит контракт без согласия подрядчика
---	--

Проведенный анализ выявил существенные отличия по всем рассмотренным пунктам. Они связаны с тем, что в контрактах FIDIC ответственность за риск ложится на ту сторону, в компетенцию которой входит способность контролировать риск и принимать соответствующие решения. Широкая «радуга» данных контрактов исходит из наличия в международной практике различных схем управления строительными проектами. В одних значительная роль отводится инженерам-консультантам, которые определяются заказчиком для выполнения различных функций: проектирования, организации и проведения подрядных торгов, управления строительством, технического и авторского надзора, выполнения функций независимого арбитра при разрешении споров между сторонами. В других (которые и предусмотрены в «Оранжевой книге») инженер-консультант отсутствует, а управление строительным проектом осуществляется заказчиком или нанятым им управляющим; обязанности по проектированию и соответствующие риски возлагаются на подрядчика. Каждая из схем связана со спецификой отдельных инвестиционно-строительных проектов и создает условия для их успешной реализации. Типовые контракты FIDIC отражают международный опыт проведения торгов и регулирования взаимоотношений подрядчиков и заказчиков, который целесообразно адаптировать для условий строительства в Республике Беларусь.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Архитектурные горизонты Беларуси // Республиканская строительная газета. – 2011. – № 4. – С. 1.
2. Архитектура и строительство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ais.by>. – Дата доступа: 10.03.2011.
3. Вестник строительного комплекса [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.vestnik.info>. – Дата доступа: 10.03.2011.
4. Формы контрактов на строительство ФИДИК (FIDIC) – общий обзор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ostlegal.ru>. – Дата доступа: 17.03.2011.
5. Правила заключения и исполнения договоров (контрактов) строительного подряда / пост. Совета Министров Респ. Беларусь, 15 сент. 1998 г., № 1450, с изм. и доп. – Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2001. – № 5/6863.
6. Примерный договор (контракт) строительного подряда / приказ Минстройархитектуры Респ. Беларусь 3 дек. 1998 г., № 406. – Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2001. – № 8/6042.
7. Способие по применению типовых строительных контрактов ФИДИК / Британский строительный центр. – Санкт-Петербург, 2003.

## БРЕСТСКИЙ КОНСТРУКТИВИЗМ

Целью данного исследования является выявление и анализ особенностей архитектуры брестского конструктивизма 1930-х гг.

В 1921–1939 гг. Брест входил в состав Польской Республики. Со второй половины 20-х гг. в Польше набирает популярность модернистское течение в архитектуре, известное как конструктивизм или функционализм.

**Конструктивизм (модернизм, функционализм)** – творческое направление инженерно-технических решений в европейской архитектуре 20-х – начала 30-х гг. XX в., представители которого считали конструкцию главным средством архитектурной выразительности, стремились выявить во внешнем облике здания его конструктивную основу и широко использовали современные строительные материалы (бетон, стекло).

В Бресте постройки стиля конструктивизм появляются в начале 30-х гг. В этот период активное строительство ведется на территории между ул. Ленина и крепостью (застройка колоний «Схрониско», «Тартак», им. Нарутовича). Также здания в этом стиле появляются в центре города, в исторически сложившейся застройке. Брест был на 75% разрушен во время Первой мировой войны, поэтому в 20–30-е годы ведется как реконструкция старых зданий, так и строительство новых.

В Бресте в стиле конструктивизма возводятся жилые общественные и промышленные здания, постройки для военного ведомства, мемориальные сооружения.

### Жилые здания

Представлены домами секционного типа, блокированными и особняками.

**Секционные** – ул. Красногвардейская, угол Мицкевича – Ленина, Машерова – 17 сентября, Советская – Буденного, застройка Южного городка.

**Блокированные** – застройка по ул. Коммунистической. Проект утвержден в 1934 г. Вход со стороны улицы. С противоположной стороны – участок с хозяйственной постройкой. Жилые помещения на втором этаже. На первом – прихожая, кухня, с-у., общая комната с выходом на террасу.

Наиболее широко представлены **особняки** в стиле конструктивизма. Они имеют разнообразные объемно-планировочные решения, невзирая на стилевое единство. Как правило, это одно-трехэтажные здания с техэтажом и плоской кровлей. Формы лаконичны, при этом не лишены изящества благодаря пропорциональности и гармоничному сочетанию отдельных объемов. Наиболее характерные черты – выделение объема лестничной клетки и главного входа, большие оконные проемы, использование эркеров, совмещенных с функцией террасы, балконов в качестве навесов над входом и т.д.

### Общественные здания

Административные (Воеводская Управа – ныне облисполком, 1938 г.), учреждения здравоохранения (городская больница), образования (училище по ул. Пушкинская, ж.д. техникум там же), культурные (лютеранская кирха? 1938 г.) и спортивные (тир, рядом с театром).

### Промышленные здания

Здание швейной фабрики (Комсомольская – Пушкинская)

Отдельно стоит рассмотреть **здания и сооружения для военного ведомства** – военный городок Траугутово (Южный), строительство в Брестской крепости (казармы и штаб артполка, надстройка башни над Тереспольскими воротами).

Южный – планировка веерная, основные планировочные оси – ул. Жукова и Сябровская. Застройка – жилые дома, штабы, казармы, дом офицеров. На пересечении ул. Жукова, Сябровской на самой высокой точке – дом офицеров, далее вдоль Жукова жилые здания, парк. Линии застройки волнистые, образуют в плане интересный рисунок.

Типовые объемно-планировочные, конструктивные решения зданий Южного городка. Рассмотрим на примере Д.О.

### Дом Офицеров

#### 1. Объемно-планировочные решения.

Здание расположено на ул. Жукова. Т-образное в плане, симметричное, состоит из главного (предположительно жилого) корпуса и перпендикулярно пристроенного корпуса актового зала.

Главный корпус трехэтажный с подвалом. Севернее главного входа подвальный этаж переходит в цокольный благодаря перепаду рельефа. Планировка этажей – коридорная. Горизонтальный объем здания расчленен по центру вертикалью входной группы с главного фасада и остеклением эвакуационных лестниц с дворового.

На первом этаже (высота 3,8 м от пола до потолка) находятся помещения общественного назначения. На втором и третьем (высота 3 м) – жилые комнаты. Комната состоит из тамбур-шлюза и собственно жилого помещения. Симметрично по отношению к центру здания расположены две эвакуационные лестницы. Рядом с лестницами – помещения санузлов.

Объем зрительного зала пристроен к главному корпусу с юго-западной стороны. На первом этаже под залом – сценические помещения.

#### 2. Конструктивные решения.

Конструкции здания решены по смешанной схеме. Центральная часть главного объема и зрительный зал – каркас, продольные несущие стены с перекрытиями по стальным двутаврам – жилая часть главного корпуса.

Каркас – монолитный железобетонный, колонны прямоугольного и круглого сечения. Перекрытия центральной части первого этажа и зрительного зала – кессонные. Решение объема зрительного зала – монолитные железобетонные рамы. Конструкция наружных стен – трехслойная: кирпич глиняный, воздушная прослойка, заполненная паклей, облицовочный слой. При облицовке здания использовался кирпич из бетона полусухого прессования.

Значительный интерес представляют перекрытия здания, выполненные по металлическим двутаврам. Пространство между двутаврами заполнено кирпичной кладкой. Кирпичная кладка, в свою очередь, имеет ребра жесткости и армирована стальными полосами.

Потолок – штукатурка по металлической сетке на арматурных стержнях, приваренных к двутаврам.

Перекрытия техэтажа решены в виде треугольных железобетонных, на которые опираются железобетонные плиты покрытия.

#### 3. Художественное решение фасадов.

Эстетика фасадов сурова и лаконична в соответствии с духом европейского функционализма. Строгая геометрия объема жилого корпуса подчеркивается вертикальной и горизонтальной расшивкой облицовочной кладки фасадов. Применено было два типа расшивки швов – 5 см, разбивающие фасад на крупные фрагменты и 2 см – для более мелкого членения.

Центральный объем с балконами, выступающий за линию стен, был оштукатурен. Ограждения балконов лаконичные, конструктивистские. Портал слегка выступает за линию стены, благодаря скруглению углов, дверь «утопает» в объеме.

Лестничные клетки эвакуационных лестниц имеют вертикальное ленточное остекление. Аналогичное объемно-планировочное решение имеют здания *казарм и штаба артополка* на территории Кобринского укрепления Брестской крепости.

**Брестский конструктивизм** – своеобразное и интересное явление в истории отечественной архитектуры, требующее глубокого изучения с целью сохранения историко-культурного наследия Брестчины.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Lukasz Heyman. Nowy Zoliborz 1919–1939 r. – Warszawa, 1982.
2. Память. Брест.– Минск: БЕЛТА, 1997. – Книга 1.
3. Вестник БрГТУ – Брест, 2004. – №1: Строительство и архитектура.

УДК 726.5

**Никитчик Т.А.**

*Научный руководитель: доцент Ширяева Л.А.*

### БРЕСТСКИЙ СВЯТО-НИКОЛАЕВСКИЙ КАФЕДРАЛЬНЫЙ СОБОР В СЕРЕДИНЕ XVIII В. ШТРИХИ ИСТОРИИ И АРХИТЕКТУРЫ

Первый раз гравюра титульного листа визитации была опубликована в 1885 г. в «Памятниках старины» [1], затем в издании «Белоруссия и Литва» [2]. Описание Свято-Николаевской церкви находилось в визитационной книге «*Liber visitationum Ecclesiae Cathedralis et Ecclesiarum Capitularium Brestensium*», что в переводе означает: «Книга визитации Церкви Кафедральной и Церквей Капитулы Брестской». На ленте, поддерживаемой ангелом, над церковью Святого Николая надпись эта более полная и более соответствующая названию документа – «**VISITATIO GENERALIS ECCLESIAE CATHEDRALIS BRESIENSIS TITULI S. NICOLIA ET ECCLESIARI (?) C(?)Y(?)OTULLARIO (capitularium (?) - полностью не читается) BRESST**», что означает: «Визитация генеральная церкви кафедральной в честь Св. Николая и церквей капитулы (?) Брестской» (рис. 1).



Клише гравюры титульного листа визитации по изданию «Брестские памятники старины», Минск, 1985 г.

Рисунок 1 – Свято-Николаевский Собор [2, С. 141].

По смыслу оба названия тождественны, однако до сих пор не установлено однозначное оригинальное название источника. Здесь же заметим, что в конце XIX в., с 1885 г. по 1894 г., ни один из первоисточников не сообщал о наличии второго, возможно, и идентичного экземпляра «Визитации».

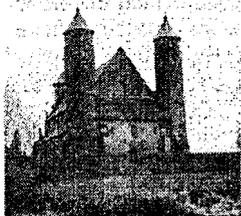
Проведенный ранее анализ исторических и архитектурных особенностей церкви Святого Николая (рис. 1) по этому периоду, имеет целью обосновать предположение того, что на гравюре изображено церковное здание в период времени непосредственно после заключения церковной унии 1596 г. Это предположение подтверждается работой И.Н. Слюньковой [3], в которой автор связывает его дальнейшую перестройку с митрополитом И.В. Рутским, занявшим место И. Потя в 1613 г. «При храме основана митрополичья кафедра, храм перестроен заново»

[3]. В источнике не приводится уточнение времени перестройки здания в период 24-летнего (1613–1637 гг.) пребывания И.В. Рутского на посту митрополита.

Доуниатская руско-литовская православная архитектура в классическом своем выражении представляла 3-4-5-главые сооружения, во многих примерах с угловыми башнями в городах: Полоцке, Витебске, Вильно, Владимире-Волынском, Чернигове, Новгороде-Северском и типологически отличается от брестского примера.

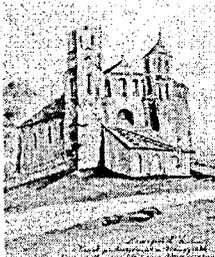
Литовские каменные храмы к концу XVI в., как правило, не имели на коньке купол или массивный барабан с куполом над центральным сводом. Рационализм, экономия всех ресурсов (материалы, деньги, рабочая сила), строительное и техническое новаторство отличают здания этого типа от классических форм 3-5-купольных храмов ВКЛ. Этому подтверждение – масса 2-4-башенных сакральных сооружений с разгруженным центральным сводом. Общая практика такого устройства храмов являлась и характерной чертой архитектуры западного региона. Опустив достаточно известные шедевры храмового строительства (Брест, Маломожейково, Сынковичи, Вильно, Камаи и др.), приведем малоизвестные изображения сакральных зданий этого типа.

**Рисунок 2 – Кейданы.** Базиликальный бескупольный трехбашенный трехнефный костел Святого Георгия, одно из первых каменных зданий города. Построен между 1445–1460 годами из торуньских кирпичей [4]



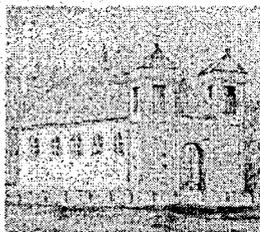
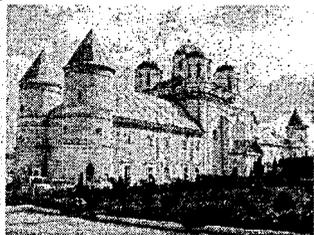
**Рисунок 3 – Брохов.** Первые сведения о трехнефной базилике - костеле на р. Бура (Мазовше, севернее Сохачева) относятся к 1113 г. Единственный в Европе и Польше костел псевдооборонного типа [5]

**Рисунок 4 – Новогрудок.** Побазилианский бескупольный двубашенный (?) базиликальный фарный костел, основанный и построенный в XV в. – Фара Витовта. Первоначально костел носил имя Всех Святых, затем – Божьей Матери, а с 1756 г. – Преображения Господня. Построен в 1632. (Рисунок Наполеона Орды). На других работах Орды показанная апсида имеет полуциркулярное очертание

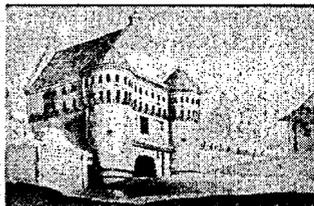


**Рисунок 5 – Новогрудок.** Борисоглебская церковь, заложена во второй половине XII в. Трехапсидное, бескупольное строение, ранее четырехбашенное здание (Чантурия). После 1596 г. – церковь Бориса и Глеба [6]

**Рисунок 6** – *Кобрин*. Бескупольный двубашенный базиликальный костел (Орда. Н. эскиз. 4375) с двумя квадратными башнями



**Рисунок 7** – *Межиречь-Острожский* (Подол). Двубашенный Свято-Троицкий монастырь-крепость, построенный в 1606–1610 гг. [7]

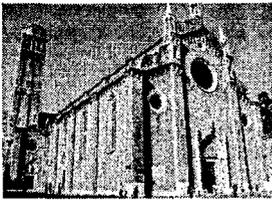


**Рисунок 8** – Брами Субоч нижнего виленского замка, окончательно разрушенная в 1801г. [8]

Приведенные примеры показывают довольно широкое применение именно бескупольных сакральных зданий на пространстве ВКЛ, Польши, Руси, в центре схождения границ которых располагался Брест. Проникновение, заимствование и использование передовой западной культуры было связано с многими факторами. Торговые связи, посольства, учеба и образование, культура, религия, стремление ассоциироваться со знаменитыми примерами европейских стилевых конституций.

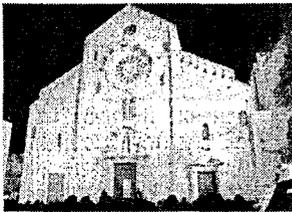
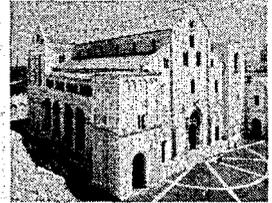
Влияние итальянской архитектуры на процессы строительства светской и сакральной архитектуры на землях Речи Посполитой общеизвестны и не вызывают сомнения. К таким относятся: 1. Базилика Бреховского костела на Мазовше (рис. 3), перестроена в 1551–1561 гг. из готического костела итальянцем Яном Баптистом из Венеции. 2. Вавельский замок в Кракове перестраивают итальянские архитекторы Франческо Флорентино, Джованни Мария Падовано и Бартоломео Береччи, во второй половине XVI в. эту работу продолжает Санти Гуччи. 3. Бартоломео Береччи в 1517–1533 гг. создает Сигизмундовскую каплицу Вавельского кафедрального собора. 4. Костел святой Терезы в стиле итальянского барокко, введенного в Литву Андреем ди Петро, более известного под именем Андрея Паллади. 5. Виленский костел построен в 1633–1650 гг. итальянским архитектором Константином Тенкалло, (возможно Ульриком ?). 6. Город Замость в 1580 г. построен по проекту итальянского архитектора Бернардо Морандо, городские укрепления по проекту итальянца Андреаса дель Актава. 7. Активное ознакомление с европейской культурой также было обещано королем Стефаном Баторием при вступлении на польский престол. Он обещал принять и обучить в Фераре 50 отобранных молодых шляхтичей из Речи Посполитой в различных отраслях: военной, инженерной, культурной, духовной.

«Ренессансные базилики, пришедшие из Италии, это прежде всего симметрия и нарушенная ничем гармония, к которой нельзя ничего добавить и ничего отнять, без искажения единства» [13]. Приведенные примеры подчеркивают степень влияния итальянского Ренессанса на архитектуру ВКЛ и города Бреста, показывают ограниченную интеграцию европейского стиля в местные традиции, школы, принципы, предпочтения, образующие такие великолепные эклектичные образцы. Некоторые из ренессансных итальянских базилик могли служить концептом здания брестской церкви.



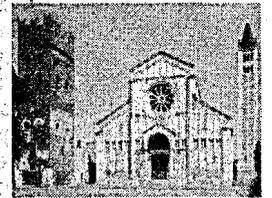
**Рисунок 9** – Трехнефная базилика (Santa Maria Gloriosa) Преславнейшей Святой Марии из Фераре в Венеции. Строительство 1320–1443 гг. [9]

**Рисунок 10** – Трехнефная базилика Святого Николая в г. Бари, (Апулия, провинция Бари). Заложена в 1087 г. для тайно вывезенных из Мир Ликийских мощей св. Николая Чудотворца, которые с XI в. хранятся в крипте, специально построенной для их размещения, в XIV в. перестроен архитектором Джованни да Таранто. В XV в. Виварини украсил алтарь в стиле неаполитанской школы [10]



**Рисунок 11** – Бари. Трехнефная базилика Святого Сабина Кафедральный собор в г. Бари, первостепенный образец апулийской романики (1170–78 гг.) [11]

**Рисунок 12** – Верона. Трехнефная базилика Св. Зенона. Вид XIV в., является наиважнейшим историческим памятником города [12]



На рисунке титульного листа «Визитации» Свято-Николаевский собор представлен в виде трехнефной базилики. Окна среднего нефа выходят на «свет» выше боковых нефов. Крыша представляет двухскатные плоскости кровли, покрытые, вероятно, широкой глиной-черепицей. Боковые нефы накрыты наклонными плоскостями аналогичными центральному нефу, крытые тем же материалом.

В боковых нефях над сводами размещались эмпоры, образовавшиеся от латинского слова *impre* – правлю, властвую; были предназначены для княжеского, правящего двора. В нашем случае – для присутствия и расположения епархиального клира и рядового иерейского священства. Окна северного (видимого) нефа высокого расположения выполняют функции инсоляции внутреннего объема храма. Вполне вероятно, что при наличии значительных площадей боковых нефов в этом здании проходили церковные Соборы, последнего десятилетия XVI в.

Волютный ярус башни, (рис. 13) введенный позже по согласованию с митрополитом Рутским, указывает на начало активного переустройства старого церковного парка зданий и создания в 20-х гг. XVII в. нового основания базилианского Ордена – монастырских комплексов в городах: Жировицы, Бытень, Минск, Новогрудок, частично Вильно. Введение волот на башнях Свято-Николаевской церкви уникальный, единственный пример такого

сочетания. Подобные решения, но гораздо более вытянутые по вертикали, были применяемы на барочных башнях виленских костелов в середине XVII в. «Брестская» волюта, судя по рисунку, тяготеет к ренессансному правилу, еще достаточно массивна, нижняя спираль пропорциями аналогична примерам волют виленских костелов сер. XVII в.: главный фасад костела Всех Святых (1620–1631 г.), костел Вознесения Пресвятой Девы Марии (францисканский костёл на Песках отстроен до 1655 г.), фасад костела Св. Игнатия (1622–1633 г.), что свидетельствует о тесной связи столицы и воеводских центров.



**Рисунок 13** – Волюты и купола на шестигранных барабанах завершенной башен. 1596 г. [2, С. 141]

S-образная волюта, сопрягающая элементы конструкции, может принимать различные положения, относительно вертикали, что является характеристикой стиля и времени.

Ранняя ренессансная волюта не несет динамики и стремления к вертикали и располагается под углом около 40–45°. Со временем, в рамках стиля, она постепенно устремляется к вертикали, все более отражая динамику пластических линий, и в барочной конституции принимает почти вертикальное положение, разводя спирали по вертикали на большие расстояния (барочные ярусы). Барочная волюта более напоминает стилизованную под волюту пилястру, чем ее классическое S-образное исполнение. Естественно, что эти характеристики не являются отражением строгой и обязательной временной градации волюты и имеют относительно широкую временную девиацию.

Волютный ярус церкви представляет собой четырехгранную призму, на которой располагаются купол, через галку венчающийся крестом. Волюты располагаются диагонально, замещая собой ребра четырехгранного барабана. Остальные три (невидимые на одной башне) грани барабана представляют прямоугольные поля, опирающиеся на двенадцатигранную декоративную плиту. На них могли размещаться небольшие звуковые окна для устраиваемой внутри их звонницы, оконные проемы, барельефы, лепной декор и т.д. Все-го на рисунке видно 4 волюты. Все они немного деформированы, неодинаковы, что говорит о непрофессионализме человека, их изображавшего. Кто это был – местный художник, монах, иерей, архитектор-строитель, иначе называемый в этих местах «хитрецом», источник не сообщает. Но очевидно, что волют было по 4 на каждой башне.

Необыкновенно и оригинально очертание купола брестской церкви (рис. 13). Форма не свойственна ни барочным характеристикам (приплюснутые очертания) середины XVIII в., т.е. времени составления «Визитации», ни классическим очертаниям куполов московской патриархии (т.н. свечные и шлемные луковицы), ни полусферическим характеристикам академических примеров византийской архитектуры. Купола брестской конфигурации принадлежат к разряду многогранных (гранястых) куполов, повсеместно применяемых, в основном, в южно-русской церковной деревянной архитектуре. Это относится к землям Галиции, Холмщины, Волыни, Подолии. В нашем примере купол брестской церкви по классификации Тараса относится к южной Прикарпатско-поднестровской строительной традиции. Характерной чертой куполов обозначенного типа является то, что наибольший диаметр купола не стремится выйти за пределы барабана, на него опирающегося, что подтверждают исследования. Изменив форму купола западной львовщины, по Тарасу, на любую другую, фасад здания принимает диссонирующее выражение.



Рисунок 14 – Миниатюра из Добрилова Евангелия относится к галицко-волынской школе, представляет Евангелиста Луку в церкви. 1176 г. Купол галицкой строительной традиции [14, рис. С-3]

Рисунок 15 – Купола церкви Успения Пресвятой Богородицы в г. Роздол, Львовской обл. Построена 1718 г., купола Предкарпатско-поднестровской школы деревянного церковного строительства (по Е. Тарасу) [15, С. 43]



### Замечания и противоречия

Представленное графическое изображение церкви на титульном листе не соответствует ее текстовому описанию и конфликтует с ним по следующим позициям.

1. На рисунке на гонтовой крыше отсутствует купол с железным крестом, в тексте о нем сообщается так: «на середине крыши деревянный купол, верхушка которого обита белой жестью; на куполе железный крест» [16, С. 26].

2. Как следует из описания, в церкви находилось [16, С. 26] «Всех окон antique formaе двенадцать», хотя на самом изображении, на одной только видимой северной стене 8 окон. Столько же окон на южной стороне, не менее 3 на восточной (алтарной) стене и два показанных на главном фасаде. Всего во всех трех нефах не менее 21 окна.

3. В описании отсутствует упоминание двух башен, фланкирующих главный фасад. С учетом высоты дверей в 4 локтя (2,4 м) определить диаметр башни не составит труда, который примерно равен 1,77 м, что противоречит всем известным примерам башенных церквей. У Маломожейковской церкви этот параметр ок. 4,5 м, у Сынковичской 3 м, у Сутковецкой толщина стены 3 м. Явный диссонанс, исключающий соответствие рисунка году.

4. Представленный конструктивный рисунок Свято-Николаевской церкви дает представление о ней как о здании трехнефной базилики с двумя башнями, что никоим образом не отражено в тексте. Такая необычность конструкции была опущена, что также не мотивируется.

### Заключение

1. В трех изданиях Паевского [16; 17; 18], посвященных церквям Брестской униатской капитулы, к которым относилась и Свято-Николаевская церковь, приводится описание церковного здания времени визитации, т.е. зимы 1759 г.

2. Титульный лист «Liber visitationum Ecclesiae Cathedralis et Ecclesiarum Capitularium Brestensium», содержание которой полностью соответствует латинскому названию ревизии, проведенной Иодко Корончевским, Володковичем 1759 г. и опубликованный первый раз в «Памятниках старины. Холмская Русь в 1885 г.» [1] и затем Батошковым П.Н. в книге «Белоруссия и Литва» в 1890 г. представляет изображение Брестского Свято-Николаевского собора в 1596 г.

3. При принятии такой дифференциации изображений исчезают ошибки, неопределенности и путаница, связанные с изображением церкви Святого Николая. Общая ком-

позиция рисунка ранее детально не исследовалась, поэтому развести во времени два элемента титульного листа не представлялось возможным. При принятии предположения: изображение церкви 1596 г., а епископский герб 1759 г. - все стало на свои места.

4. Титульный лист визитации дает основание считать изображение Свято-Николаевского собора первым исторически известным и пока единственным рисунком одной из брестских церквей конца XVI в.

5. Брестская Свято-Николаевская базилика должна была стать символом, объединяющим собой несколько архитектурно-философских и общественно-политических идей религиозной унии 1596 г. Это должно быть здание, явно указывающее на связь и преемственность двух европейских христианских центров, городов Бари и Бреста, объединенных под знаком общего святого Николая, епископа Мир Ликийских.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Памятники старины в Северо-Западном крае. Холмская Русь. – Вып. 7. – СПб., 1885. – С. 29.
2. Белоруссия и Литва. Исторические судьбы Северо-западного края / П.Н. Батюшков. – СПб., 1890. – XXIV с.+376 с.+183 с. прим.
3. Слюнькова, И.Н. Монастыри восточной и западной традиций. – М., 2003. – С. 458.
4. Орда Наполеон, 1875 г. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%CA%E5%E9%E4%E0%ED%FB>. – Дата доступа: 12.03.2011 г.
5. Брохов. – Режим доступа: <http://www.panoramio.com/photo/586014>. – Дата доступа: 12.03.2011 г.
6. Новогрудок. – Режим доступа: <http://svitiaz1.narod.ru/HTMLs/HTMLsNovogmovogrudok-15-borisoGleb.html>. – Дата доступа: 12.03.2011 г.
7. Межирич-Острожский. – Режим доступа: [http://encyclosights.com/object\\_details.php?ln=2&id=2521&pj=0\\_7](http://encyclosights.com/object_details.php?ln=2&id=2521&pj=0_7). – Дата доступа: 12.03.2011 г.
8. Wilno z przed 100 lat. Smuglewicz Franciszek. – Wilno, 1912. – II. 9.
9. Santa Maria Gloriosa dei Frari Venezia. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Фрари/>. – Дата доступа: 12.03.2011 г.
10. Nella terra di Bari. – Trani, 1898. – S. 15–19.
11. Базилика Св. Сабина. – Режим доступа: <http://www.turkcebilgi.com/apulia/resimle-ri/bari-cattedrale-san-sabino>. – Дата доступа: 02.04.2011.
12. Верона. Базилика Сан Зено. – Режим доступа: <http://virtualeuropa.narod.ru/italy/images/vm23.jpg>. – Дата доступа: 02.04.2011.
13. Kopera F., Dzieje budownictwa i rzeźby w Polsce. – Lwow, 1890. – P. 371.
14. Заграевский, С.В. Формы глав (купольных покрытий). Древнерусских храмов. – М.: Алев-В, 2008. – Режим доступа: <http://www.zagraevsky.com/glavi.htm>. – Дата доступа: 02.04.2011.
15. Тарас Ярослав. Українська сакральна дерев'яна архітектура. – Львів, 2006. – 584 с.
16. Паевский Л. (С.). О церквях Брестской капитулы в начале 2-й половины XVIII в. – Вильна, 1887. – 63 с.
17. ЛЕВ, 1887, (№№ 17, 22; 33, 35, 48).
18. Город Брест-Литовск и его древние храмы. Св. Лев Паевский, Гродна, Тип. Губернского правления, 1894. – 107 с.

## ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ МОРОЗОСТОЙКОСТИ БЕТОНА

### Введение

Долговечность бетонных конструкций – это способность сохранять эксплуатационные качества в течение требуемого периода. Исходя из условий эксплуатации и обеспечения долговечности здания или сооружения, в проекте указываются, помимо прочности бетона, параметры долговечности, важнейшим из которых является морозостойкость. Весьма важно обеспечить морозостойкость бетона конструкций и изделий особенно в условиях частого перепада температур. Сотни тысяч конструкций из бетона и железобетона находятся на открытом воздухе, увлажняются при действии природных факторов, подвергаются замораживанию и оттаиванию. Конструкции из неморозостойкого бетона со временем теряют несущую способность, подвергаются поверхностному износу и получают различного рода повреждения. Морозные повреждения защитного слоя бетона, который работает в особенно жестких условиях, увеличивают его проницаемость и ухудшают защитные свойства по отношению к арматуре. Ремонт изделий из бетона трудоемок, не всегда возможен демонтаж, поэтому необходимо проектировать состав бетона, обеспечивая требуемый класс по морозостойкости.

### Стандартные методы оценки морозостойкости

Согласно ГОСТ 10060-95 «Бетоны. Методы определения морозостойкости» бетоны по качественным показателям морозостойкости делят на два вида: бетоны для дорожных и аэродромных покрытий и остальные виды бетонов. Последние испытывают на морозостойкость путем циклического замораживания и оттаивания в воде (I базовый метод). Бетоны же аэродромных и дорожных покрытий, как эксплуатируемые в более суровых условиях, в этом стандарте предложено испытывать на переменное замораживание-оттаивание в растворе соли по так называемому II базовому методу. Независимо от принятого метода испытаний стандартный алгоритм оценки морозостойкости следующий.

По показателю прочности подбирается бетон возводимой или изготавливаемой конструкции, который на основании общих соображений должен также удовлетворять требованиям по морозостойкости. На лабораторных образцах из этого бетона, изготавливаемых и испытываемых по стандартной методике, определяется (проверяется) марка бетона по морозостойкости. При положительном результате испытания, если средняя потеря прочности не превышает нормируемого значения, номинальный состав бетона передается на производство, где он воспроизводится в заводских или построечных условиях и укладывается в конструкцию.

### Альтернативные методы оценки морозостойкости

К альтернативным можно отнести метод определения морозостойкости через коэффициент объемного распределения пор  $L$  [1].

Данный коэффициент характеризует максимальное расстояние произвольной точки, выбранной в массиве цементного камня от ближайшего воздушного пузырька. Величина  $L \leq 0,18$  мм гарантирует весьма высокий уровень морозостойкости бетона,  $L \leq 0,28$  мм гарантирует морозостойкость бетонов, замерзающих в контакте с водой без соли. Критерий  $L$  применим к бетонным смесям с  $V/C = 0,38 \dots 0,5$ .

Метод, основанный на применении коэффициента  $L$ , изложен в американском стандарте ASTM C 457. В основе метода положено допущение, что все поры имеют одинаковые размеры и распределены в структуре равномерно. Измерения выполняют на пробах бетона при помощи оптического микроскопа и специального измерительного столика, позволяющего перемещать образец в двух перпендикулярных направлениях. Изменяя видимые геометрические размеры пор, делают выводы об их объемных характеристиках. Согласно ASTM C 457 коэффициент  $L$  может быть рассчитан двумя способами: линейным и точечным. Линейный метод: изображение «расчерчивают» параллельными линиями, находящимися на расстоянии около 4,5 мм (рис. 1). Точечный метод: используется разметка изображения точками, находящимися на расстоянии около 0,75 мм друг от друга. Размеры (площадь) образца зависят от наибольшей крупности заполнителя. ASTM C 457 регламентирует требования к минимальному размеру исследуемой области бетона, к минимальному количеству линий  $L$  и числу точек  $S$ .

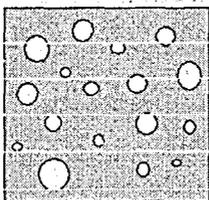


Рисунок 1 – Схема обработки изображения для расчета параметров пористости и оценки морозостойкости бетона

Определение коэффициента  $L$  выполняют в следующей последовательности.

По результатам осмотра получают информацию об общем количестве пор, суммарной длине линий на поверхности пробы, суммарной длине линий, пересекающих поры, суммарной длине линий, проходящих по цементному камню. Если метод точечный, данными для расчета параметров пористости являются: сумма точек, сумма точек в пределах пор, сумма точек в пределах цементного камня, расстояние между точками.

На основании этих данных рассчитывается общая пористость цементного камня, как отношение суммарной длины линий (количества точек), находящихся в пределах пор, к общей длине линий (количеству точек).

В итоге, в зависимости от соотношения объема цементного камня и объема пор по стандартным зависимостям рассчитывается коэффициент  $L$ .

Особого внимания в графическом методе оценки пористости заслуживает методика подготовки образцов для получения изображений. Основываясь на личном опыте, можем констатировать, что точность получаемых результатов сильно зависит от качества поверхности исследуемого образца. Для получения четкого изображения необходимо иметь тщательно подготовленный шлиф с открытыми порами, не нарушенными в процессе механической обработки. Для этого образец бетона перед спилом и шлифовкой следует пропитать эпоксидной смолой, что позволит надежно зафиксировать структуру цементного камня и предотвратить ее разрушение при получении спила и последующей шлифовке.

#### Анализ эффективности методов

Стандартные методы оценки морозостойкости бетона позволяют определять морозостойкость зрелых бетонов, однако они сложны для разработки на их основе требований к оптимальным с точки зрения морозостойкости структурам. Также они малоэффективны

для формулировки основных положений методики расчета морозостойких бетонов. А это немаловажно. Так, на сегодняшний день важнейшей задачей является обеспечение долговечности конструкций еще на стадии проектирования с учетом проектного срока службы конструкций. Развитие этого подхода позволит избежать не только преждевременного выхода конструкций из строя и лишних затрат на ремонт бетона, но и необоснованных запасов по эксплуатационным свойствам там, где это не нужно.

Известно, что для обеспечения морозостойкости бетона необходимо сформировать совершенно определенную структуру пористости, которая будет обладать незначительной склонностью к капиллярному подосу и будет иметь достаточно пространства для гашения гидростатического давления воды, отжимаемой при ее последовательном замерзании в направлении от крупных пор к мелким [1–3]. Решение этой задачи может быть реализовано при помощи воздухововлекающих добавок. Вовлеченный воздух находится в структуре в виде сферических пор определенного размера. Такие поры разбивают сеть капиллярных каналов и, тем самым, предотвращают заполнение пор водой за счет капиллярных сил.

#### **Заключение**

Метод обработки изображений является более эффективным методом оценки морозостойкости, однако он требует профессионального оборудования, что затрудняет его развитие. Такие методы, основанные на изучении структуры материала, могут сыграть значительную роль в разработке научно-обоснованного алгоритма проектирования морозостойкости бетонов. Этой задаче мы планируем посвятить наши дальнейшие исследования.

#### **СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Рамачандран, В.С. Добавки в бетон: справочное пособие / В.С. Рамачандран, Р.Ф. Фельдман, М. Коллепарди [и др.]; пер. с англ. Т.И. Розенберг и С.А. Болдырева. – М.: Стройиздат, 1988. – 575 с.
2. Леонович, С.Н. Прочность конструкционных бетонов при циклическом замораживании-оттаивании с позиций механики разрушения // Брест: Издат. БрГТУ, 2006. – 380 с.
3. Малышев А.В. Старостин Е.Г., Степанов А.В., Тимофеев А.Н. Фазовый состав воды в бетонах с противоморозными добавками // Проблемы современного бетона и железобетона: материалы Международного симпозиума, Минск, 27–29 ноября 2009 г.: в 2 ч. – Минск, 2009. – Ч. 2. – С. 255–263.

УДК 624.012.3:62017

**Савощенко А.В.**

*Научный руководитель: доц. Бранцевич В.П.*

#### **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ ПОВТОРЯЮЩЕЙСЯ НАГРУЗКИ НА ДЕФОРМАЦИИ И ШИРИНУ РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИН В ОБЫЧНЫХ И ПРЕДНАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛКАХ**

**Введение.** Деформативность железобетонных конструкций при действии повторяющихся нагрузок является важнейшим показателем их эксплуатационной надежности. В связи с применением в сооружениях конструкций, испытывающих в процессе эксплуатации многократно повторяющиеся нагрузки различной частоты (мосты, подкрановые балки, элементы перекрытия промзданий и т.д.), возникает необходимость исследования влияния частоты приложения нагрузки к железобетонным элементам подвергающихся действию такого рода циклических нагружений.

Из обзора опубликованных сведений об особенностях деформирования бетонных призмных образцов и железобетонных элементов при многократно повторяющихся нагружениях, а также из результатов выполненных экспериментов, было выявлено, что развитие деформаций бетона, арматуры, трещин в балках при таких нагружениях зависит от уровня напряжений в бетоне, повторяющейся нагрузки и длительности ее действия, от усилия обжатия элементов напрягаемой арматурой и других факторов.

Отдельные данные, касающиеся деформаций бетона в призмах при повторяющихся нагружениях с различной частотой действия, позволяют считать, что наряду с указанными основными факторами частота приложения повторяющейся нагрузки, при прочих равных условиях эксперимента, также оказывает влияние на процесс деформирования бетона. Однако это влияние не учитывается при оценках поведения железобетонных элементов, подвергающихся действию повторяющегося нагружения.

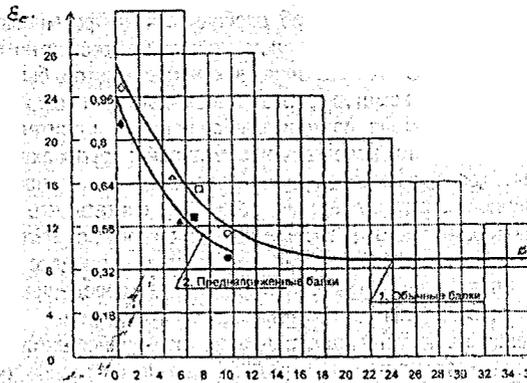
Чтобы выяснить влияние частоты приложения повторяющейся нагрузки на деформирование железобетонных элементов, выбирались данные из разных опубликованных исследований о развитии деформаций бетона, арматуры, прогибов и ширины раскрытия трещин в балочных железобетонных образцах, имевших примерно такие же характеристики, как были в проведенных экспериментах. Такие данные были заимствованы из работ Л.А. Богушевского, Л.И. Кавладзе, А.П. Казанкова, Камайтиса В.В. Левчича, С.С. Пиневица, Ю.В. Самбора [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

Авторы исследований С.С. Пиневиц, Камайтис Л.А. Богушевский [1, 4, 6] проводили испытания предварительно напряженных балочных образцов.

По экспериментальным данным, приведенных в указанных работах, а также по результатам наших исследований были построены графические зависимости усредненно-го прироста деформаций бетона и арматуры опытных образцов от частоты приложения повторяющейся нагрузки. При этом значения деформаций были определены для одинакового срока испытаний образцов повторяющейся нагрузкой, соответствовавшего максимальному времени испытаний, проводившихся в этой работе. Графики изменения прироста неупругих деформаций бетона и арматуры в обычных и предварительно напряженных балках в зависимости от частоты многократно повторяющейся нагрузки представлены на рис. 1а, 1б.

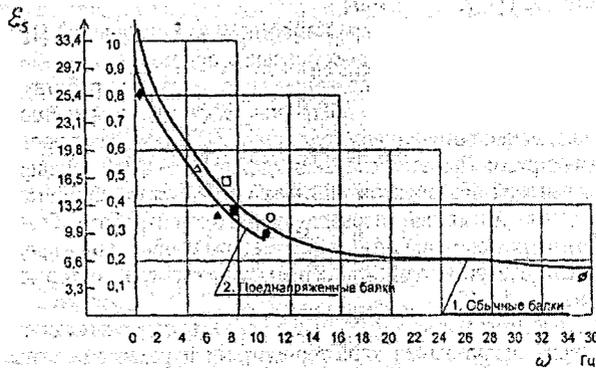
На указанных рисунках можно видеть, что в обычных балочных железобетонных элементах с примерно одинаковыми характеристиками и режимами испытаний средний прирост неупругих деформаций вполне отчетливо зависит от частоты повторяющейся нагрузки. При низкочастотных нагружениях 0,02Гц, как это было в описываемых исследованиях, накопление деформаций бетона в образцах было почти в два раза больше, чем при испытании балок с частотой повторения нагрузки 5–10Гц и почти в три раза больше, чем в балках, подвергавшихся вибрационному нагружению с частотой 30–36Гц. Еще в большей степени отличаются в зависимости от частоты действия нагрузки приросты деформаций в арматурных стержнях балок. Так, если приняты значения этих приростов в опытах за 100%, то при частотах 5–10Гц прирост деформации в арматуре составляет порядка 30–40%, а при частоте 30–36Гц – около 15–20%.

В предварительно напряженных балках, как видно из тех же рис. 1а, 1б, приросты деформаций бетона и арматуры по значению оказываются несколько меньше, чем в балках без предварительно напряженной арматуры. В бетоне и арматуре такое уменьшение было порядка 6–8%, а разница в приростах прогибов при изменении частот от 0,02Гц до 5–10Гц была порядка 20–25%. Для более высоких частот приложения нагрузки данных об изменении деформаций арматуры, бетона и прогибов в предварительно напряженных элементах найдено не было.



1 – обычные балки: ◊ - автор; ◻ - Левич В.В.; ◦ - Самбор Ю.В.; ◐ - Кавладзе Л.И.; ◄ - Казанков А.П.; 2 – преднапряженные балки: ◈ - автор; ◑ - Богушевский П.А.; ◒ - Пиневиц С.С.; • - Камайтис З.А.

Рисунок 1а – Влияние частоты нагрузки на деформации бетона в балках



1 – обычные балки: ◊ - автор; ◻ - Левич В.В.; ◦ - Самбор Ю.В.; ◐ - Кавладзе Л.И.; ◄ - Казанков А.П.; 2 – преднапряженные балки: ◈ - автор; ◑ - Богушевский П.А.; ◒ - Пиневиц С.С.; • - Камайтис З.А.

Рисунок 1б – Влияние частоты нагрузки на деформации арматуры в балках

Необходимо отметить и объяснить выявленные особенности в изменениях деформаций бетона и арматуры в балочных железобетонных образцах с изменением частоты действия многократно повторяющейся нагрузки.

1. Наибольший прирост неупругих деформаций в арматуре и в бетоне балок при малой частоте повторений нагрузки объясняется, очевидно тем, что в течение одного цикла нагружения и разгрузки при прочих равных условиях испытания образец более длительное время работает при повторяющейся нагрузке.

Вследствие этого успевают проявиться деформации ползучести в бетоне, и происходит ослабление связи арматуры с бетоном. При более высоких частотах изменения нагрузки развитие этих явлений замедляется, и тем более, чем больше частота нагружения.

2. Из сопоставления развития деформаций арматуры и бетона в образцах в зависимости от частоты нагружения можно видеть, что изменение прироста деформаций в арматуре предварительно напряженных балок существенно больше, чем в бетоне. Это можно объяснить видимо тем, что в арматуре обычных балок при низкочастотном нагружении происходило более заметное нарушение сцепления с бетоном, из-за чего прирост деформаций в таких балках был больше.

3. Особенно большие изменения имели место в развитии прогибов в обычных и предварительно напряженных балках. Полученные данные свидетельствуют о весьма положительном влиянии предварительного напряжения на деформирование балок при низких частотах приложения нагрузки.

Таким образом, рассмотрев влияние частоты временной нагрузки на развитие деформаций обычных и преднапряженных железобетонных элементов, можем в дальнейшем учесть влияние частоты приложения нагрузки на развитие деформаций при самом жестком режиме испытания.

При сопоставлении результатов описываемых опытов и исследований ряда авторов выявлено, что частота приложения повторяющейся нагрузки влияет не только на развитие деформаций бетона, но также и на ширину раскрытия трещин в бетоне изгибаемых элементов. Оказывается, что если значения ширины раскрытия трещин, измеренные в опытах различных авторов, расположить в зависимости от частоты действия испытательной нагрузки, то получается зависимость, подобная по форме зависимостям для деформаций бетона и арматуры.

Эта зависимость говорит, что с уменьшением частоты нагружения в балках происходит более интенсивное приращение ширины раскрытия трещин в бетоне, чем при нагружении с высокой частотой. Эта закономерность связана, как и в случае увеличения деформаций при уменьшении частоты, с более длительным действием максимальной нагрузки в течение цикла, нагружения и большим перепадом уровня прилагаемой нагрузки. Очевидно, при медленных попеременных нагружениях и разгрузках снижается в большей степени, чем при нагружениях с высокой частотой, сцепление арматуры с бетоном в трещине и в примыкающей области, и при этом интенсивнее выключается из работы растянутый бетон над трещиной, о чем свидетельствовало в опытах более интенсивное развитие трещин по высоте сечения (рис. 2а, 2б).

Отмеченная подобность графиков накопления деформаций бетона и арматуры, а также развития прогибов и прироста ширины раскрытия трещин в бетоне железобетонных балок в зависимости от частоты действия переменных нагрузок свидетельствует, что эти процессы взаимосвязаны.

Рассмотрев влияние частоты приложения повторной нагрузки на развитие деформаций в обычных и предварительно напряженных элементах и анализируя данные ряда авторов, исследовавших влияния повторяющихся нагружений на поведение железобетонных элементов, получили зависимости, учитывающие влияние частоты приложения нагрузки на развитие деформаций бетона сжатой зоны, растянутой арматуры и ширины раскрытия трещин.

Значение коэффициента  $K_{c\omega}$ , характеризующего изменение деформаций бетона, арматуры в зависимости от частоты переменной нагрузки для обычных железобетонных элементов, можно представить в следующем виде:

$$K_{c\omega} = A \cdot e^{B\omega} + c. \quad (1)$$

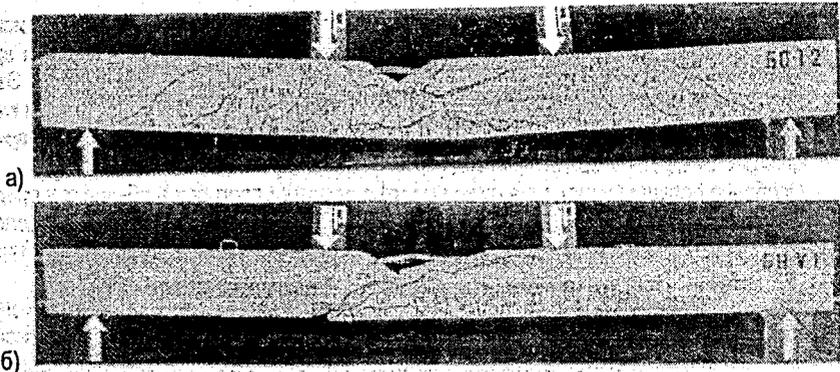


Рисунок 2 – а) характер образования и развития трещин при действии повторяющейся нагрузки в балке без преднапряжения; б) характер образования и развития трещин при действии повторяющейся нагрузки в балке с предварительным напряжением

В выражении (1) постоянные коэффициенты А, В, С были вычислены путем анализа экспериментальных данных. При этом выражение (1) применительно к определению деформаций бетона и арматуры приняло следующий вид:

$$K_{C_0} = 0,66e^{-0,18\omega} + 0,35, \quad (2)$$

$$K_{C_0} = 0,87e^{-0,18\omega} + 0,15. \quad (3)$$

Таким образом, полученные деформации бетона сжатой зоны и арматуры при действии повторяющейся нагрузки умножаются на значение коэффициентов  $\Psi_{C_0}$ ,  $\Psi_{S_0}$ , учитывающих влияние частоты:

$$\epsilon_{C_0} = \epsilon_{C_{rep}} \cdot K_{C_0}, \quad (4)$$

$$\epsilon_{S_0} = \epsilon_{S_{rep}} \cdot K_{S_0}. \quad (5)$$

Выражение для определения коэффициента, учитывающего влияние частоты на ширину раскрытия трещин при повторяющейся нагрузке, имеет вид:

$$K_{w_0} = 0,6e^{-0,15\omega} + 0,3. \quad (6)$$

Ширина раскрытия трещин  $w_{rep,\omega}$  при действии повторяющейся нагрузки с учетом частоты ее приложения:

$$w_{rep,\omega} = K_{w_0} \cdot w_{rep}. \quad (7)$$

**Заключение.** Выполненный анализ экспериментальных исследований различных авторов и приведенные исследования автора позволяют заключить, что задача оценки влияния частоты приложения повторяющейся нагрузки требует более подробного изучения и разработки дальнейших методов расчета, наиболее полно учитывающих напряженно-деформируемое состояние железобетонных элементов при действии повторных нагрузок.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Богушевский, Л.А. Исследование предварительно напряженных железобетонных балок при длительном воздействии постоянной и многократно повторяющейся нагрузок // Железобетонные конструкции. – Челябинск, 1971. – С. 66–71.
2. Кавладзе, Л.И. Исследование жесткости и деформативности железобетонных балок при длительном воздействии статических и динамических нагрузок. – М., 1983. – 20 с.

3. Казанков, А.П. О деформациях изгибаемых элементов при действии постоянных и многократно повторяющихся нагрузок // Строительные конструкции. – Минск, 1976. – С. 110–114.
4. Камайлис, З.А. Трещиностойкость предварительно напряженных изгибаемых железобетонных элементов при действии многократно повторяющихся нагрузок. – Каунас, 1965. – 21 с.
5. Левич, В.В. Исследование напряженно-деформированного состояния изгибаемых элементов при многократно повторяющихся нагрузках // Вопросы современного строительства. – Львов, 1973. – № 1. – С. 111–113.
6. Пиневиц, С.С. Исследование выносливости стабилизированных и отпущенных семи-проволочных канатов и работы армированных ими железобетонных преднапряженных изгибаемых элементов при многократно повторном нагружении. – Ростов-на-Дону, 1981. – 20 с.
7. Самбор, Ю.В. Особенности развития деформаций (прогибов) железобетонных балок при многократно повторяющихся нагрузках // Строительные конструкции. – Киев, 1971. – Вып. XV. – С. 122–133.

УДК 699.86

*Седляр Ю.А.*

*Научный руководитель: профессор, к.т.н. Черноиван В.Н.*

### **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ НЕОШТУКАТУРЕННЫХ СТЕН НА ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ**

**Введение.** Анализ сложившейся за последнее десятилетие структуры потребления топливно-энергетических ресурсов отраслями экономики Беларуси показывает, что наибольший рост, почти на 9% (до 34% общего их потребления народным хозяйством) имеет место в коммунально-бытовом секторе. Рост потребления топливно-энергетических ресурсов произошел за счет эксплуатируемых зданий, построенных в 70...80-х годах прошлого века. Согласно информации, предоставленной КУП «ЖРЭУ» г. Бреста, наибольший расход тепловой энергии на 1 м<sup>3</sup> помещения приходится на эксплуатируемые здания с кирпичными стенами с расшивкой швов. Основной объем таких зданий составляют общежития, жилые дома, здания школ и детских садов.

Как показала практика, через 5...8 лет эксплуатации зданий (в зависимости от того насколько суровы были зимы), прошедших тепловую реабилитацию, внутри жилых помещений на участках наружных кирпичных стен появляется грибковая плесень, что отнюдь не способствует качеству жилой среды [1]. На сегодня специалистами установлены основные причины, приводящих к снижению эффективности тепловой изоляции наружных стен эксплуатируемых зданий и сооружений – это: ошибки, допущенные при проектировании тепловой изоляции; нарушения технологии производства работ; изменения (как правило, ухудшение) теплотехнических характеристик плитных утеплителей в процессе их эксплуатации.

Учитывая, что основу проектирования тепловой изоляции наружных стен эксплуатируемых зданий и сооружений составляют теплотехнические расчеты, настоящие исследования посвящены реализации требования п. 7.1.6 ТКП 45-3.02-113-2009 [2], введенного с 01.01.2010 г. по определению (расчету) фактического сопротивления теплопередаче наружных кирпичных стен эксплуатируемых зданий и сооружений.

## Анализ методов, используемых при определении значений фактического сопротивления теплопередачи кирпичных стен

На сегодня основными методами определения значения фактического сопротивления теплопередаче наружных стен эксплуатируемых зданий являются:

- расчетный, базирующийся на методике ТКП 45-2.04-43-2006 [3];
  - измерительный, позволяет определить необходимые значения с использованием приборов.
- Проанализируем основные положения этих методов.

1. *Расчетный метод*. Расчет фактического сопротивления теплопередаче наружных кирпичных стен выполняется по результатам обследования технического состояния кирпичной кладки, включающим:

- конструктивное решение стенового ограждения;
- материал кирпича;
- толщину каждого однородного слоя кладки.

Значения коэффициента теплопроводности кирпичной кладки, приведенные в ТКП 45-2.04-43-2006 [3], даны для следующих значений весовой влажности кладки:

- 1 и 2% для кладки из глиняного обыкновенного кирпича на цементно-песчанном растворе;
- 2 и 4% для кладки из силикатного кирпича на цементно-песчанном растворе;
- 1 и 2% для кладки из керамического пустотелого кирпича с пустотами на цементно-песчанном растворе.

2. *Измерительный метод*. Для определения значения фактического сопротивления теплопередаче наружных стен эксплуатируемых зданий используют измерители теплового потока. Наиболее распространенным из них является ИПП-2 [4]. Как показывает практика проведения натурных исследований с использованием измерителей теплового потока, достоверность результатов, полученных этим методом, возможна при соблюдении следующих условий:

- разность температур на внутренней и наружной поверхностях ограждающих конструкций должна составлять не менее 20°C;
- исключены (или минимизированы): влияние скорости ветра и воздействия солнечного облучения обследуемой поверхности стен.

Таким образом, измерительный метод определения величины фактического сопротивления теплопередаче наружных стен эксплуатируемых зданий, на сегодня, не может быть рекомендован для массового применения.

## Результаты обследования технического состояния кирпичных стен эксплуатируемых зданий

Согласно п.п. 7.1.5 и 7.1.6 [2], определение фактического значения приведенного сопротивления теплопередаче нештукатуренных кирпичных стен эксплуатируемых зданий расчетно-аналитическим методом возможно только по результатам обследования технического состояния стен с определением следующих характеристик кирпичной кладки:

- конструктивное решение наружных ограждающих конструкций;
- материалы, используемые для кирпичной кладки;
- толщины горизонтальных и вертикальных швов кладочного раствора;
- распределение весовой влажности по сечению каждого конструктивного элемента ограждающих конструкций.

С целью получения необходимой информации по вышеперечисленным характеристикам кирпичной кладки, авторами статьи была разработана методика проведения исследований и в феврале 2009 года выполнено детальное обследование технического со-

стояния кирпичной кладки наружных стен общежития №1 БрГТУ, построенного в 1966 году. Наружные стены здания общежития толщиной 510 мм имеют следующее конструктивное решение. Наружная верста выполнена из кирпича силикатного под расшивку швов. Каждый пятый ряд кирпичной кладки наружной версты – тычковый. Внутренняя верста кладки выполнена из кирпича керамического щелевого. Кладочный раствор – цементно-песчаный.

По результатам обработки выполненных исследований построены графики распределения влажности по толщине кирпича наружной версты кладки (рис. 1). Распределение влажности по толщине слоя кладочного раствора в горизонтальных швах кладки приведено на рисунке 2.

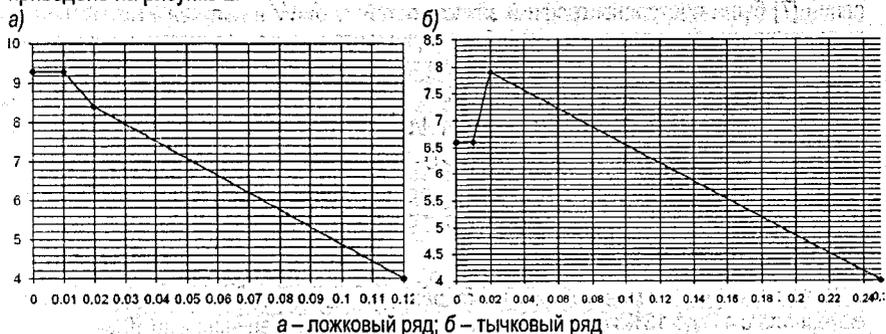


Рисунок 1 – График распределения влажности по толщине кирпича

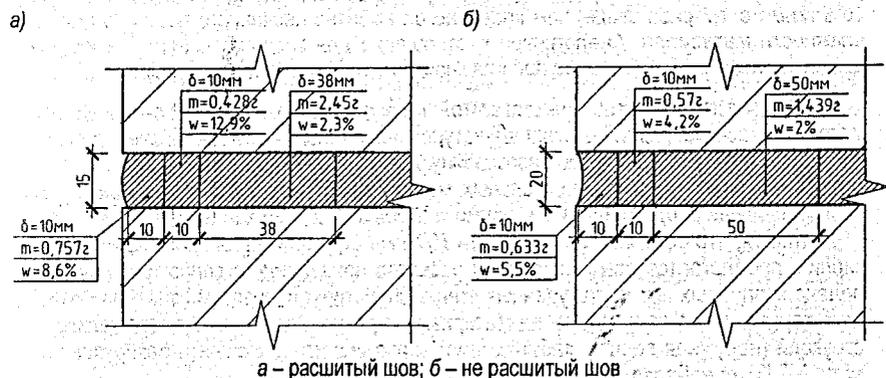


Рисунок 2 – Распределение влажности по толщине слоя кладочного раствора

**Обсуждение полученных результатов исследований.** Результаты выполненных натуральных исследований (рис. 1, 2) показали, что максимальное значение влажности материала силикатного кирпича составляет от 8% (ложковый ряд) до 9,3% (тычковый ряд), что в 2...2,3 раза выше нормируемой [1].

Анализ технического состояния горизонтальных швов кирпичной кладки показал, что толщина их достигает 20 мм, что в 2 раза превышает допустимые значения [6]. Кладочный раствор в швах, толщина которых более 14 мм – разрушился. Исследованиями установлено, что техническое состояние швов кладки существенно влияет на величину и ха-

рактен распределения влажности в нем (рис. 3). Максимальная зафиксированная влажность материала кладочного цементно-песчаного раствора в горизонтальных швах наружной версты кладки близка 13%, что почти в 3,5 раза выше нормируемых значений [1].

Учитывая, что в действующих нормативных документах [1] отсутствуют зависимости значений коэффициента теплопроводности ( $\lambda$ ) от величины весовой влажности ( $W$ ) для основных строительных материалов, используемых для кирпичной кладки стен, была выполнена работа по их определению.

В качестве базы для получения зависимости  $\lambda$  от  $W$  для кирпича силикатного и глиняного, а также цементно-песчаного раствора, были использованы результаты исследований, выполненных Франчуком А.У. [7]. На основании результатов обработки исследований [7] были построены графики зависимостей  $\lambda$  от  $W$  и получены математические выражения для вычисления значений коэффициента теплопроводности для кирпича силикатного (1), кирпича глиняного (2) и кладочного цементно-песчаного раствора (3):

$$\lambda_{К.С.} = 0,038 \cdot W + 0,84, \quad (1)$$

$$\lambda_{К.Г.} = 0,021 \cdot W + 0,5254, \quad (2)$$

$$\lambda_{Р.К.} = 0,020 \cdot W + 0,52. \quad (3)$$

Выполненные исследования показали, что при увеличении весовой влажности с 4% до 10% коэффициент теплопроводности вырос:

для кирпича силикатного на 23%;

для кирпича глиняного на 21%.

Для кладочного цементно-песчаного раствора при увеличении весовой влажности материала с 4% до 13% коэффициент теплопроводности увеличился на 30%.

Анализ полученных зависимостей  $\lambda$  от  $W$  позволил установить, что фактическое значение коэффициента теплопроводности кирпича силикатного при влажности материала 10% почти в 1,7 раза выше, чем кладочного цементно-песчаного раствора при той же влажности материала. Аналогичное соотношение для кирпича глиняного и кладочного цементно-песчаного раствора при влажности материала 10% не превышает 2%.

**Основные положения предлагаемой методики расчета.** Согласно предлагаемой методике расчета кирпичные неоштукатуренные стены эксплуатируемых зданий рекомендуется рассматривать как многослойную неоднородную ограждающую конструкцию, состоящую из различных строительных материалов (кирпич глиняный, кирпич силикатный, кладочный раствор и др.), со своими теплотехническими характеристиками.

Учитывая, что основной объем (почти 75%) конструкции кирпичной кладки составляет кирпич, предлагается при выполнении расчетов приведенного сопротивления теплопередаче кирпичных неоштукатуренных стен эксплуатируемых зданий значение приведенного термического сопротивления материала кирпича, уложенного в ограждающей конструкции (наружная верста, забутка, внутренняя верста), вычислять базирясь на формуле 5.5 [3], преобразовав ее в выражение (4):

$$R_k = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}, \quad (4)$$

где  $R_k$  – термическое сопротивление материала кирпича ограждающей конструкции,  $m^2 \times \text{°C}/\text{Вт}$ ;  $\delta_1, \dots, \delta_n$  – толщина слоя кирпича кладки с фактически зафиксированной влажностью материала,  $m$ ;  $\lambda_1, \dots, \lambda_n$  – фактические значения коэффициента теплопроводности материала кирпича каждого рассматриваемого слоя, соответствующее зафиксированной влажности материала ( $W$ ),  $\text{Вт}/(m \times \text{°C})$ .

Учитывая, что коэффициенты теплопроводности материала вяжущего кладочного раствора и материала кирпича отличаются для определения сопротивления теплопередаче кирпичной кладки нештукатуренных стен, в зависимости от соотношения содержания в кирпичной кладке кирпича и раствора, предлагается следующее выражение:

$$R_{кп} = R_k \cdot P_k + R_p \cdot P_p, \quad (5)$$

где  $R_k$  – термическое сопротивление материала кирпича ограждающей конструкции, вычисленное по математическому выражению (4),  $\text{м}^2 \times \text{°C/Вт}$ ;  $R_p$  – термическое сопротивление материала раствора ограждающей конструкции,  $\text{м}^2 \times \text{°C/Вт}$ ;  $P_k$  – доля содержания кирпича по объему в  $1 \text{ м}^2$  кирпичной стены;  $P_p$  – доля содержания раствора по объему в  $1 \text{ м}^2$  кирпичной стены.

После определения  $R_{кп}$  расчет приведенного сопротивления теплопередаче кирпичных нештукатуренных стен эксплуатируемых зданий ведется по формуле 5.6 ТКП 45-2.04-43-2006 [3].

**Сравнительный анализ результатов выполненных расчетов.** Для оценки влияния технического состояния кирпичной кладки нештукатуренные стены эксплуатируемых зданий на величину сопротивления теплопередаче были выполнены следующие поворочные расчеты:

- с использованием Приложения «А» ТКП 45-2.04-43-2006 [3];
- по рекомендуемой методике с учетом только технического состояния силикатного кирпича;
- по рекомендуемой методике, с учетом технического состояния силикатного кирпича и кладочных швов, а также фактического соотношения содержания в кирпичной кладке кирпича и раствора.

Для оценки корректности предлагаемой методики расчета в феврале 2009 года были выполнены измерения фактического сопротивления теплопередаче наружных стен обследуемого здания (общежития №1 БрГТУ) с помощью измерителя теплового потока ИПП-2. Измерения выполнялись на северной стороне здания в безветренную погоду.

Обработанные результаты выполненных исследований приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Значения термического сопротивления обследованной наружной стены**

Поперечное сечение стены	$R_{\phi}/100\%$ , Измеритель теплового потока ИПП-2	$R_{\phi}/\%$ , по ТКП	С учетом технического состояния кирпича	С учетом технического состояния кирпичной кладки
			$R_{\phi}/\%$	$R_{кп}^{ПР}/\%$
Ложок	0,81/100%	0,76/94,2%	0,83/102,5%	0,807/99,6%
Тычок	0,76/100%	0,69/90,8%	0,78/102,6%	0,756/99,5%

### Заключение

По итогам выполненных исследований можно сделать следующие выводы.

1) На термическое сопротивление кирпичной кладки нештукатуренных стен с наружной верстой из кирпича силикатного существенное влияние оказывает:

- а) распределение фактической влажности по толщине силикатного кирпича;
- б) толщина швов кладочного раствора и вид вяжущего.

2) Результаты выполненных исследований показали, что действующие нормативные документы (Приложение «А» ТКП 45-2.04-43-2006) не учитывают фактическое техниче-



**Постановка задачи.** Рассмотрим круговые арки постоянной жёсткости (рис. 1), нагруженные радиально направленными равномерно распределёнными нагрузками.

Деформированный вид арок будет определён, если будут известны перемещения каждой из точек, лежащей 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  $y$  –  $\Delta_x$  и  $\Delta_y$ . Результирующее значение перемещения и его направление тогда можно будет найти по выражениям:

$$\Delta = \sqrt{(\Delta_x)^2 + (\Delta_y)^2}; \quad \operatorname{tg} \varphi = \Delta_x / \Delta_y. \quad (1)$$

Зависимости здесь удобнее получать в полярной системе координат (рис. 1). Соотношение между декартовой ( $x, y$ ) и полярной ( $r, \theta$ ) системами координат здесь имеет вид:

$$x = r \cdot \sin \theta; \quad y = c - r \cdot (1 - \cos \theta). \quad (2)$$

где  $y_1 = -r(1 - \cos \theta)$ ,  $c$  – расстояние от верхней средней точки до упругого центра [1].

Для определения перемещений будем использовать формулу Мора [3]:

$$\Delta_{ip}^{вспм} = \sum \int \frac{\overline{M}_i \cdot M ds}{EJ} + \sum \int \frac{\overline{Q}_i \cdot Q ds}{GA} + \sum \int \frac{\overline{N}_i \cdot N ds}{EA}, \quad (3)$$

где  $\overline{M}_i, \overline{Q}_i, \overline{N}_i$  – выражения усилий в сечениях арки от действия единичной силы, приложенной в направлении ( $i$ -ом) искомого перемещения;  $M, Q, N$  – усилия в сечениях арки от внешней нагрузки, от действия которой определяются перемещения;  $EJ, GA, EA$  жёсткости сечений арки соответственно на изгиб, сдвиг и растяжение-сжатие;  $\eta$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения касательных напряжений по высоте сечений при изгибе.

Зависимости для усилий  $M, Q, N$  получены в работе [1] и имеют вид:

$$\begin{aligned} M^{левл/права} &= \overline{M}_1 \cdot X_1 + \overline{M}_2 \cdot X_2 + \overline{M}_3 \cdot X_3 + M_p^{левл/права}; \\ Q^{левл/права} &= \overline{Q}_1 \cdot X_1 + \overline{Q}_2 \cdot X_2 + \overline{Q}_3 \cdot X_3 + Q_p^{левл/права}; \\ N^{левл/права} &= \overline{N}_1 \cdot X_1 + \overline{N}_2 \cdot X_2 + \overline{N}_3 \cdot X_3 + N_p^{левл/права} \end{aligned} \quad (4)$$

где  $\overline{M}_1, \overline{Q}_1, \overline{N}_1, \overline{M}_2, \overline{Q}_2, \overline{N}_2, \overline{M}_3, \overline{Q}_3, \overline{N}_3$  – единичные усилия в основной системе метода сил (О.С.) от действия соответственно  $X_1, X_2, X_3$ , равные:

$$\begin{aligned} \overline{M}_1 &= c - r(1 - \cos \theta); \quad \overline{Q}_1 = \sin \theta; \quad \overline{N}_1 = -\cos \theta; \\ \overline{M}_2 &= r \sin \theta; \quad \overline{Q}_2 = -\cos \theta; \quad \overline{N}_2 = -\sin \theta; \quad \overline{M}_3 = 1; \quad \overline{Q}_3 = 0; \quad \overline{N}_3 = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

где  $M_p^{левл/права}, Q_p^{левл/права}, N_p^{левл/права}$  – усилия для левой и правой частей арки соответственно в основной системе метода сил от внешних нагрузок, определяемые выражениями:

$$\begin{aligned} M_p^{права} &= \sum_{i=1}^{n_q^{права}} q_i r^2 [\sin \theta (\sin \theta_i' - \sin \theta_i'') + \cos \theta (\cos \theta_i' - \cos \theta_i'')] + \\ &+ q_i r^2 (1 - \sin \theta \sin \theta_i'' - \cos \theta \cos \theta_i''); \end{aligned} \quad (6)$$

$$M_p^{нес} = - \sum_{j=1}^{n_q^{нес}} q_j r^2 [\sin\theta(\sin\theta_j^* - \sin\theta_j'') + \cos\theta(\cos\theta_j^* - \cos\theta_j'')] + q_j r^2 (1 - \sin\theta \sin\theta_j^* - \cos\theta \cos\theta_j''); \quad (7)$$

$$Q_p^{прае} = - \sum_{i=1}^{n_q^{прае}} q_i r [\cos\theta(\sin\theta_i^* - \sin\theta_i'') - \sin\theta(\cos\theta_i^* - \cos\theta_i'')] + q_i r (\cos\theta \sin\theta_i^* - \sin\theta \cos\theta_i''); \quad (8)$$

$$Q_p^{нес} = \sum_{j=1}^{n_q^{нес}} q_j r [\cos\theta(\sin\theta_j^* - \sin\theta_j'') - \sin\theta(\cos\theta_j^* - \cos\theta_j'')] + q_j r (\cos\theta \sin\theta_j^* - \sin\theta \cos\theta_j''); \quad (9)$$

$$N_p^{прае} = - \sum_{i=1}^{n_q^{прае}} q_i r [\sin\theta(\sin\theta_i^* - \sin\theta_i'') + \cos\theta(\cos\theta_i^* - \cos\theta_i'')] - q_i r (1 - \sin\theta \sin\theta_i^* - \cos\theta \cos\theta_i''); \quad (10)$$

$$N_p^{нес} = - \sum_{j=1}^{n_q^{нес}} q_j r [\sin\theta(\sin\theta_j^* - \sin\theta_j'') + \cos\theta(\cos\theta_j^* - \cos\theta_j'')] + q_j r (1 - \cos\theta \cos\theta_j^* - \sin\theta \sin\theta_j''); \quad (11)$$

Неизвестные метода сил  $X_1, X_2, X_3$  определяются из расчёта системы метода сил [3]. Как известно, при определении перемещений в статически неопределимых системах необязательно все усилия в (5) определять в статически неопределимой системе. Одни из этих усилий ( $\overline{M}_j, \overline{Q}_j, \overline{N}_j$  или  $M, Q, N$ ) можно находить в любой статически определимой системе, полученной из заданной отбрасыванием "лишних связей" (в основной системе метода сил), чем и воспользуемся для упрощения расчёта. Усилия  $M, Q, N$  от внешних нагрузок в статически неопределимой системе уже известны из (6)–(11), поэтому усилия  $\overline{M}_j, \overline{Q}_j, \overline{N}_j$  от действия единичных сил, приложенных в направлениях искомого перемещения, будем определять в статически определимой системе. В качестве такой системы примем основную систему метода сил, использованную уже в [2] и представленную на рис. 2.

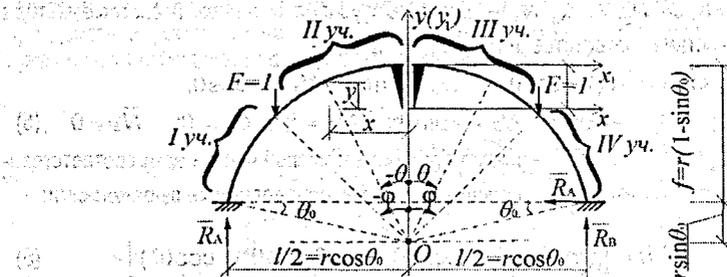


Рисунок 2 – Единичное состояние для определения вертикального перемещения

**Определение вертикальных перемещений точек.** Получим вначале выражения для вертикальных перемещений точек, лежащих на оси арки. Для этого в принятой статиче-

ски определенной системе (рис. 1) приложим в точке, для которой будем определять перемещение, единичную вертикальную силу (рис. 2).

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  $F=1$ ):

$$\begin{aligned} \bar{M}_I &= -(R_A \cdot (r \cdot \cos \theta_0 + x) - M_A) = -(r \cdot \cos \theta_0 + r \cdot \sin \theta - r \cdot \cos \theta_0 - r \cdot \sin \varphi) = \\ &= -r \cdot (\sin \theta - \sin \varphi); \quad \bar{Q}_I = +R_A \cdot \cos(-\theta) = \cos \theta; \end{aligned} \quad (12)$$

$$\bar{N}_I = -R_A \cdot \sin(-\theta) = \sin \theta;$$

б) на участке II (от точки приложения силы  $F=1$  до опоры В):

$$\bar{M}_{II} = 0; \quad \bar{Q}_{II} = 0; \quad \bar{N}_{II} = 0, \quad (13)$$

где опорные реакции найдены из уравнений равновесия арки:

$$\begin{aligned} \sum M_A = 0; \quad 1 \cdot r \cdot (\cos \theta_0 - \sin(-\varphi)) - M_A = 0. \\ M_A = r \cdot (\cos \theta_0 + \sin \varphi). \quad \sum Y = 0; \quad R_A = 1. \end{aligned} \quad (14)$$

Подставив выражения усилий от единичной силы (12), (13) и от внешних нагрузок (7), (9), (11) в формулу (3), выполнив интегрирование по участкам и просуммировав его результаты, получим выражение для определения вертикального перемещения рассматриваемой точки (сечения) левой полуарки, которое представим в виде:

$$\begin{aligned} \Delta_y^{lea} &= \left( \Delta_{yx_1}^{(M)} + \Delta_{yx_1}^{(Q)} + \Delta_{yx_1}^{(N)} \right) \cdot X_1 + \left( \Delta_{yx_2}^{(M)} + \Delta_{yx_2}^{(Q)} + \Delta_{yx_2}^{(N)} \right) \cdot X_2 + \\ &+ \left( \Delta_{yx_3}^{(M)} + \Delta_{yx_3}^{(Q)} + \Delta_{yx_3}^{(N)} \right) \cdot X_3 + \Delta_{yp}^{(M)lea} + \Delta_{yp}^{(Q)lea} + \Delta_{yp}^{(N)lea}, \end{aligned} \quad (15)$$

где  $\Delta_{yx_1}^{(M)}, \Delta_{yx_1}^{(Q)}, \Delta_{yx_1}^{(N)}, \Delta_{yx_2}^{(M)}, \Delta_{yx_2}^{(Q)}, \Delta_{yx_2}^{(N)}, \Delta_{yx_3}^{(M)}, \Delta_{yx_3}^{(Q)}, \Delta_{yx_3}^{(N)}$  — перемещения искомой точки в вертикальном направлении (по оси  $y$ ) в О.С. метода сил от действия единичных значений неизвестных метода сил соответственно  $X_1, X_2, X_3$ , определяемые выражениями:

$$\begin{aligned} \Delta_{yx_1}^{(M)} &= -\frac{r^3}{EJ} \left[ \left( \frac{\cos \theta_0}{\pi/2 - \theta_0} \right) \cdot (\cos \varphi + \sin \theta_0 + \sin \varphi \cdot \varphi + \sin \varphi \cdot \left( \frac{\pi}{2} - \theta_0 \right)) - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{4} \cos 2\varphi - \frac{1}{4} \cos 2\theta_0 - \sin^2 \varphi - \sin \varphi \cdot \cos \theta_0 \right]; \end{aligned} \quad (16)$$

$$\Delta_{yx_1}^{(Q)} = \eta \frac{r}{GA} \cdot \frac{1}{2} (\sin^2 \varphi - \cos^2 \theta_0); \quad \Delta_{yx_1}^{(N)} = \frac{r}{EA} \cdot \frac{1}{2} (\cos^2 \theta_0 - \sin^2 \varphi);$$

$$\Delta_{yx_2}^{(M)} = -\frac{r^3}{EJ} \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{\pi}{2} + \varphi - \theta_0 \right) - \frac{1}{4} \sin 2\varphi - \frac{1}{4} \sin 2\theta_0 + \sin \varphi \cos \varphi + \sin \varphi \sin \theta_0 \right];$$

$$\Delta_{yx_2}^{(Q)} = -\eta \frac{r}{GA} \cdot \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{\pi}{2} + \varphi - \theta_0 \right) + \frac{1}{4} (\sin 2\varphi + \sin 2\theta_0) \right]; \quad (17)$$

$$\Delta_{yx_2}^{(N)} = -\frac{r}{EA} \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{\pi}{2} + \varphi - \theta_0 \right) - \frac{1}{4} (\sin 2\varphi + \sin 2\theta_0) \right];$$

$$\Delta_{yx_3}^{(M)} = -\frac{r^3}{EJ} \cdot \left[ -\cos \varphi + \sin \theta_0 - \sin \varphi \cdot \left( \frac{\pi}{2} + \varphi - \theta_0 \right) \right]; \quad \Delta_{yx_3}^{(Q)} = 0; \quad \Delta_{yx_3}^{(N)} = 0. \quad (18)$$

где  $\Delta_{yp}^{(M)nee}$ ,  $\Delta_{yp}^{(Q)nee}$ ,  $\Delta_{yp}^{(N)nee}$  — перемещения рассматриваемой точки в вертикальном направлении (по оси  $y$ ) в О.С. метода сил от действия нагрузок, определяемые выражениями:

$$\begin{aligned} \Delta_{yp}^{(M)nee} = & \frac{r^4}{EJ} \sum_{j_1=1}^{n_q^{nee}} q_{j_1} \left\{ (\sin \theta_{j_1}^k - \sin \theta_{j_1}^n) \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 + \right. \right. \\ & + \sin \varphi \cos \varphi - \sin \varphi \sin \theta_0 \left. \right] + (\cos \theta_{j_1}^k - \cos \theta_{j_1}^n) \cdot \left[ \frac{1}{2} \sin^2 \varphi - \frac{1}{2} \cos^2 \theta_0 - \sin^2 \varphi - \sin \varphi \times \right. \\ & \times \cos \theta_0 \left. \right] \left. \right\} + \frac{r^4}{EJ} \sum_{j_2=1}^{n_q^{nee}} q_{j_2} \cdot \left\{ \sin \varphi (\theta_{j_2}^k - \theta_{j_2}^n) + \cos \theta_{j_2}^k - \cos \theta_{j_2}^n + \sin \varphi \cdot \sin \theta_{j_2}^k \cdot (\cos \theta_{j_2}^k - \right. \\ & - \cos \theta_{j_2}^n) + \sin \theta_{j_2}^k \cdot \left( \frac{1}{2} (\theta_{j_2}^k - \theta_{j_2}^n) - \frac{1}{4} \sin 2\theta_{j_2}^k + \frac{1}{2} \sin 2\theta_{j_2}^n \right) - \sin \varphi \cdot \cos \theta_{j_2}^k \cdot (\sin \theta_{j_2}^k - \\ & - \sin \theta_{j_2}^n) + \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) + (\sin \theta_{j_2}^k - \sin \theta_{j_2}^n) \cdot \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{\pi}{2} + \theta_{j_2}^n - \theta_0 \right) - \right. \\ & - \frac{1}{4} \sin 2\theta_{j_2}^n - \frac{1}{4} \sin 2\theta_0 + \sin \varphi \cdot (\cos \theta_{j_2}^n - \sin \theta_0) \left. \right] + (\cos \theta_{j_2}^k - \cos \theta_{j_2}^n) \cdot \left[ \frac{1}{2} \sin^2 \theta_{j_2}^n - \right. \\ & - \frac{1}{2} \cos^2 \theta_0 - \sin \varphi \cdot (\sin \theta_{j_2}^n + \cos \theta_0) \left. \right] \left. \right\} + \frac{r^4}{EJ} q_m \cdot \left\{ \sin \varphi \cdot (\varphi - \theta_{j_3}^n) + \cos \varphi - \cos \theta_{j_3}^n + \right. \\ & + \sin \varphi \cdot \sin \theta_{j_3}^k \cdot (\cos \varphi - \cos \theta_{j_3}^n) + \sin \theta_{j_3}^k \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot (\varphi - \theta_{j_3}^n) - \frac{1}{4} \sin 2\varphi + \frac{1}{4} \sin 2\theta_{j_3}^n \right) - \\ & - \sin \varphi \cos \theta_{j_3}^k \cdot (\sin \varphi - \sin \theta_{j_3}^n) + \cos \theta_{j_3}^k \cdot \left( \frac{1}{2} \sin^2 \varphi - \frac{1}{2} \sin^2 \theta_{j_3}^n \right) + (\sin \theta_{j_3}^k - \sin \theta_{j_3}^n) \times \\ & \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}^n - \frac{1}{4} \sin 2\theta_0 + \sin \varphi \cdot (\cos \theta_{j_3}^n - \sin \theta_0) \right] + (\cos \theta_{j_3}^k - \\ & - \cos \theta_{j_3}^n) \cdot \left[ \frac{1}{2} \sin^2 \theta_{j_3}^n - \frac{1}{2} \cos^2 \theta_0 - \sin \varphi \cdot (\sin \theta_{j_3}^n + \cos \theta_0) \right] \left. \right\}; \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \Delta_{yp}^{(Q)nee} = & \eta \frac{r^2}{GA} \sum_{j_1=1}^{n_q^{np}} q_{j_1} \cdot \left[ (\sin \theta_{j_1}^k - \sin \theta_{j_1}^n) \cdot \left( \frac{1}{2} \left( \frac{\pi}{2} + \varphi - \theta_0 \right) + \frac{1}{4} \sin 2\varphi + \frac{1}{4} \sin 2\theta_0 \right) - \right. \\ & - (\cos \theta_{j_1}^k - \cos \theta_{j_1}^n) \cdot \left( \frac{1}{2} \sin^2 \varphi - \frac{1}{2} \cos^2 \theta_0 \right) \left. \right] + \eta \frac{r^2}{GA} \sum_{j_2=1}^{n_q^{nee}} q_{j_2} \left\{ \sin \theta_{j_2}^k \cdot \left( \frac{1}{2} (\theta_{j_2}^k - \theta_{j_2}^n) + \right. \right. \\ & + \frac{1}{4} \sin 2\theta_{j_2}^k - \frac{1}{4} \sin 2\theta_{j_2}^n \left. \right) - \cos \theta_{j_2}^k \cdot \left( \frac{1}{2} \sin^2 \theta_{j_2}^k - \frac{1}{2} \sin^2 \theta_{j_2}^n \right) + (\sin \theta_{j_2}^k - \sin \theta_{j_2}^n) \times \\ & \times \left( \frac{1}{2} \left( \frac{\pi}{2} + \theta_{j_2}^n - \theta_0 \right) + \frac{1}{4} \sin 2\theta_{j_2}^n + \frac{1}{4} \sin 2\theta_0 \right) - (\cos \theta_{j_2}^k - \cos \theta_{j_2}^n) \cdot \left( \frac{1}{2} \sin^2 \theta_{j_2}^n - \frac{1}{2} \cos^2 \theta_0 \right) \left. \right\} + \\ & + \eta \frac{r^2}{GA} q_m \left\{ \sin \theta_{j_3}^k \cdot \left( \frac{1}{2} (\varphi - \theta_{j_3}^n) + \frac{1}{4} \sin 2\varphi - \frac{1}{4} \sin 2\theta_{j_3}^n \right) - \cos \theta_{j_3}^k \cdot \left( \frac{1}{2} \sin^2 \varphi - \frac{1}{2} \sin^2 \theta_{j_3}^n \right) + \right. \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned}
& + (\sin \theta_{j_3}^{\kappa} - \sin \theta_{j_3}^{\eta}) \cdot \left( \frac{1}{2} \left( \frac{\pi}{2} + \theta_{j_3}^{\eta} - \theta_0 \right) + \frac{1}{4} \sin 2\theta_{j_3}^{\eta} + \frac{1}{4} \sin 2\theta_0 \right) + \left( \frac{1}{2} \sin^2 \theta_{j_3}^{\eta} - \frac{1}{2} \cos^2 \theta_0 \right) \Bigg\}; \\
\Delta_{yp}^{(N)nes} = & - \frac{r^2}{EA} \sum_{j_1=1}^{n_q^{nes}} q_{j_1} \cdot \left[ (\sin \theta_{j_1}^{\kappa} - \sin \theta_{j_1}^{\eta}) \cdot \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 \right) + \right. \\
& + (\cos \theta_{j_1}^{\kappa} - \cos \theta_{j_1}^{\eta}) \cdot \left. \left( \frac{1}{2} \sin^2 \varphi - \frac{1}{2} \cos^2 \theta_0 \right) \right] + \frac{r^2}{EA} \sum_{j_2=1}^{n_q^{nes}} q_{j_2} \left\{ -\cos \theta_{j_2}^{\kappa} + \cos \theta_{j_2}^{\eta} - \cos \theta_{j_2}^{\kappa} \times \right. \\
& \times \left( \frac{1}{2} \sin^2 \theta_{j_2}^{\kappa} - \frac{1}{2} \sin^2 \theta_{j_2}^{\eta} \right) - \sin \theta_{j_2}^{\kappa} \cdot \left( \frac{1}{2} (\theta_{j_2}^{\kappa} - \theta_{j_2}^{\eta}) - \frac{1}{4} \sin 2\theta_{j_2}^{\kappa} + \frac{1}{4} \sin 2\theta_{j_2}^{\eta} \right) - (\sin \theta_{j_2}^{\kappa} - \\
& - \sin \theta_{j_2}^{\eta}) \cdot \left( \frac{1}{2} \left( \frac{\pi}{2} + \theta_{j_2}^{\eta} - \theta_0 \right) - \frac{1}{4} \sin 2\theta_{j_2}^{\eta} - \frac{1}{4} \sin 2\theta_0 \right) - (\cos \theta_{j_2}^{\kappa} - \cos \theta_{j_2}^{\eta}) \cdot \left( \frac{1}{2} \sin^2 \theta_{j_2}^{\eta} - \right. \\
& - \left. \frac{1}{2} \cos^2 \theta_0 \right) \Bigg\} + \frac{r^2}{EA} q_m \left\{ -\cos \varphi + \cos \theta_{j_3}^{\eta} - \cos \theta_{j_3}^{\kappa} \cdot \left( \frac{1}{2} \sin^2 \varphi - \frac{1}{2} \sin^2 \theta_{j_3}^{\eta} \right) - \sin \theta_{j_3}^{\eta} \times \right. \\
& \times \left( \frac{1}{2} (\varphi - \theta_{j_3}^{\eta}) - \frac{1}{4} \sin 2\varphi + \frac{1}{4} \sin 2\theta_{j_3}^{\eta} \right) - (\sin \theta_{j_3}^{\kappa} - \sin \theta_{j_3}^{\eta}) \cdot \left( \frac{1}{2} \left( \frac{\pi}{2} + \theta_{j_3}^{\eta} - \theta_0 \right) - \right. \\
& - \left. \frac{1}{4} \sin 2\theta_{j_3}^{\eta} - \frac{1}{4} \sin 2\theta_0 \right) - (\cos \theta_{j_3}^{\kappa} - \cos \theta_{j_3}^{\eta}) \cdot \left. \left( \frac{1}{2} \sin^2 \theta_{j_3}^{\eta} - \frac{1}{2} \cos^2 \theta_0 \right) \right\}. \quad (21)
\end{aligned}$$

Равномерно распределённые нагрузки  $q_j$  в выражениях (21)–(23) в зависимости от положения относительно сечения, для которого ищется перемещение, разделены на три группы:  $q_{j_1}$  – нагрузки, расположенные полностью справа от этой точки;  $q_{j_2}$  – нагрузки, расположенные слева от приложения единичной силы;  $q_m$  – нагрузки, на участке действия которых располагается рассматриваемая точка (сечение).

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07–85 / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 48 с.
2. Игнатюк В.И. К определению усилий в бесшарнирных круговых арках, нагруженных радиально действующими равномерно распределёнными нагрузками // Вестник БрГТУ. – 2011: Строительство и архитектура. – С. 71–76.
3. Борисевич, А.А. Строительная механика: учебное пособие / А.А. Борисевич, Е.М. Сидорович, В.И. Игнатюк. – Мн.: БНТУ, 2009. – 756 с.

УДК 7.021.22-057.875

*Скалкович Ю.С., Лысюк А.С.*

*Научный руководитель: Лаппо М.Г.*

### ВОЗМОЖНОСТИ СТУДЕНЧЕСКОГО ЭСКИЗИРОВАНИЯ. НАБРОСОК КАК ВИД ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ АРХИТЕКТОРА

Целью написания данной работы является проблема недостаточного внимания студентов к эскизам и наброскам, понимания их значимости, а также недостаточного владения техниками. Слово набросок говорит само за себя и обозначает «набросать», т.е. за короткое время передать основную характеристику изображаемого объекта. Наброски

бывают разными, как в технике построения, так и в первоначальном подходе к работе. Обычно наброски рисуют углем, пастелью, сангиной, бистром, соусом; черной или цветной тушью. Но чаще всего это обыкновенный простой карандаш. Немного интересных фактов про него далее. Карандаш был изобретен в 1775 году французом Николая Жак Конте. Идея заковать в футляр легко оставляющий след на бумаге, но пачкающий руки графит, сохранила имя изобретателя и бизнесмена в веках. Фирма «Конте» до сих пор является одним из лидеров производства карандашей. Первоначально графит заправлялся в металлическую трубочку, часто золотую и карандаш, кроме своей основной функции – письма на бумаге, нес и некоторую статусную нагрузку, как предмет роскоши.

Рассмотрим различные способы выполнения набросков и зарисовок. Один из наиболее распространенных способов выполнения набросков и зарисовок – построение их непрерывными линиями, начинающимися с изображения общих очертаний предметов, безосновательной моделировки формы. Такое совершенствование образа в наброске выражается в исправлении имеющихся недостатков, в более уверенном проведении линий. Но если внимательно присмотреться к рисункам, созданным таким путем, то мы увидим, что, несмотря на ряд уточнений, общее очертание массы объекта, общая схема изображения, композиционное расположение остаются первоначальными. Широко применяется и способ выполнения набросков линиями с одновременной проработкой формы тоном. Рисующий, начиная построение формы с общего контура, сразу начинает моделировать отдельные объемные массы, расположенные в пространстве в определенной связи друг с другом и выявляющиеся светом и тенью. Выполняя набросок тоном или пятном, как правило, начинают с двух-трех линий, определяющих габаритные размеры предмета по горизонтали и вертикали, затем тоном обрабатывается один участок, второй и т.д.

Различаются три ярко выраженных вида индивидуальных особенностей творческого воображения:

1. В наброске видно стремление окончательно выяснить в натуре то, что особенно важно для рисующего — наклон головы, фигуры, жест рук, психологическую характеристику лица и т.п.

2. В этом случае очень внимательно изучается буквально все, что необходимо для творческого замысла рисующего, чтобы потом, при непосредственной работе над композицией, можно было бы не прибегать к натуре.

3. Третий вид характеризуется доминирующим значением элементов воображения. Выбирая в натуре черты, которые необходимы для создаваемого зрительного образа, рисующий опирается преимущественно на ранее задуманное, т.е. на образы воображения.



30 секунд

5 минут  
правая рука

5 минут  
левая рука

Рисунок 1

Изучив литературу, мы выяснили, что никогда нельзя бояться экспериментировать. Мы провели маленький опыт – предложили нашим однокурсникам нарисовать наброски с натуры, но не так, как обычно. Задание было таким:

1. Быстрый набросок за 30 сек.–1,5 мин. Лево́й и право́й руко́й.

2. Более длительный набросок – на 5 минут левой и правой рукой.

Большинство набросков, нарисованных левой рукой, выглядят намного интереснее.

Линии живые, имеют определенный характер. Образы получаются лиричными (рис. 1).

До XV века существовал обычай делать только один эскиз со всеми деталями (для фрески или алтарной картины). Л.-Б. Альберти требует нескольких эскизов, и это становится обычаем для художников. Но методы у них при этом различные. Леонардо делал несколько вариантов, из которых выбирал лучший, по его мнению. Рафаэль, напротив, последовательно разрабатывал один и тот же вариант. Различны и приемы композиционных эскизов у мастеров XVI века. Леонардо и Рафаэль пытаются сначала установить позы и движения фигур на обнаженных моделях, а потом уже драпируют их. Генуэзский живописец Лука Камбиазо геометризировал схему композиции, упрощал фигуры в виде кубов и многогранников. Тинторетто для изучения ракурсов и световых эффектов делал небольшие модели комнат, подвешивал к потолку маленькие восковые фигурки и освещал их свечами в окнах. Голландский классицист конца XVII века Герард Лересс советовал ученикам изучать мимику и движение действующих лиц на собственной фигуре у зеркала.

Сегодня существует методика эскизирования: начинайте легко, мастерски. Не надо с перекошенным лицом вымерять карандашом пропорции, чертить линии, оси, зажимать голову в тиски (иногда это полезно на определенном этапе обучения). Выбирайте время для тренировок, выходите в народ (рис. 2). Одним из таких мест всегда были вокзалы. Где еще в одном месте можно собрать столько фактуры, типажей, реальных героев. А что делать, если нет времени ходить «на наброски»? Если вы студент – рисуйте (не только записывайте) лекции. Постоянно сопровождайте набросками свои конспекты, делайте шаржи на друзей, иллюстрируйте письма – все, что пытаетесь передать вербально.

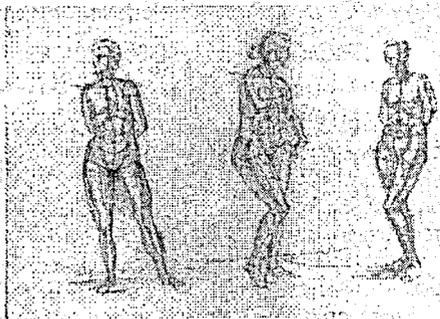


Рисунок 2

Есть академическая байка времен застоя про одного студента из Кореи. Он совсем не мог говорить по-русски, но неплохо понимал, и как все братья азиаты прилежно учился. Как-то педагог по истории искусств заметил, что кореец все время что-то рисует и попросил показать. Тот объяснил (как мог), что он так конспектирует. Выяснилось, что кроме текста он успевал, всего за несколько секунд пока показывают слайд, нарисовать узнаваемо и с подробностями картину или памятник архитектуры, который появлялся на экране. Представляете: за два года обучения, он перерисовал всю программу по истории искусств.

### Заключение

В результате наших экспериментов удалось сделать следующие выводы:

1. Нужно стараться сохранять непосредственность и живость.
2. Следовать простоте художественной выразительности.
3. Фиксировать движение, характер, фактуру.
4. Не забывать про детали (если нужно делайте записи на полях, даты).
5. Рисовать по памяти.
6. Сохраняйте наброски.

Даже неудачные каракули – это код (шифр) передачи данных. Просматривая заброшенные «почеркушки», самораспаковывается архив памяти, включаются эмоции, с которыми вы тогда работали, возобновляется энергия к творчеству. И чем быстрее вы начнете это делать – тем скорее достигнете результата. Чем артистичнее и смелее будут наброски, тем художественнее будет ваше творчество. Чем разнообразнее по материалам и технике – тем виртуознее и богаче последующие произведения. Начинайте прямо сейчас.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. <http://marianna.nm.ru/>
2. <http://drawing-art.narod.ru/>
3. <http://mixbest.ru/>
4. <http://www.bibliotekar.ru/>

УДК 725.94: 711.5 (476.7)

*Славиковская Д.А.*

*Научный руководитель: доцент Фоменкова С.Ф.*

#### ПРИМЕНЕНИЕ МАЛЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ В БЛАГОУСТРОЙСТВЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

В городах, кроме жилых и общественных зданий и крупных инженерных сооружений, существует большое количество объектов декоративного и утилитарного характера. В их числе скульптурное оформление, декоративные водоемы, киоски и павильоны, мебель и ограждения и др. Все эти элементы внешнего убранства города называют малыми архитектурными формами.

В русском языке есть понятие, включающее в себя комплекс мероприятий, цель которых – «благоустроить» («устраивать благо») места, где мы живем.

Благоустроенный город – это не только радующие глаз общественные территории, но и те части населенных пунктов, которые не всегда заметны человеку: дворы, подъезды и внутридворовые территории.

Технический и научный прогресс повлиял на роль города в нашей жизни. И его преобразование будет продолжаться. Но самое важное, чтобы людям, которые здесь живут и работают, хватило мудрости, терпения и знания сохранить исторический образ, сформированный столетиями, его уникальность и индивидуальность.

Малые архитектурные формы выступают посредниками между «большими архитектурными формами» и человеком. Они делают наши поселения более «приземленными» – что и является их предназначением.

Целью работы является рассмотрение архитектурного благоустройства городских территорий как функционально-эстетической системы, которая основывается на взаимосвязях её элементов друг с другом и с другими составляющими архитектурной среды. Также определено значение этого понятия; приведена классификация по функциям и видам элементов архитектурного благоустройства, рассмотрены тенденции развития и достижения в этой области.

Основная масса элементов архитектурного благоустройства представляет собой малые архитектурные формы. Это павильоны на остановках общественного транспорта, беседки, уличная и садово-парковая мебель, въездные знаки, декоративная скульптура, часовни и др. Остальные элементы, такие, как автомобильные стоянки, площадки для

мусоросборников, опоры линий электропередачи, надземные трубопроводы и др. называются прочими элементами архитектурного благоустройства.

Малые архитектурные формы создаются с использованием как природных, так и искусственных элементов. По соотношению природных и искусственных компонентов выделяют следующие формы:

- с преобладанием природных компонентов (живые изгороди и цветочные композиции);
- с преобладанием искусственных компонентов (оборудование детских и спортивных площадок);
- комбинированные компоненты (декоративно оформленные водные источники и подпорные стенки, а также укрепленные откосы).

На сегодняшний день жители городов осознают значимость естественных компонентов. Например, вода объединяет архитектуру с природой, дополняет ее, как уместно выбранная деталь.

В зависимости от способа производства малые ландшафтно-архитектурные формы делятся:

- Типовые, изготавливаемые промышленными способами и массовыми тиражами (скамьи, урны, фонари);
- Индивидуальные, изготавливаемые для конкретного места в одном экземпляре (художественные композиции, скульптура).

Проектирование малых форм осуществляется в соответствии с общим функциональным и композиционным решением. Основными принципами, т.е. руководящими идеями проектирования, являются:

- ✓ *Принцип комплексности.* Предусматривает проектирование не отдельных МАФов, а их комплексов, включающих функционально и композиционно взаимосвязанные элементы предметно-пространственной среды;
- ✓ *Принцип масштабности и соразмерности.* Предусматривает гармоничное сочетание частей и целого, соотношение масштаба проектируемых МАФов с масштабом человека и окружающего пространства;
- ✓ *Принцип стилевого единства.* Предусматривает проектирование комплексов МАФов в едином стиле, с учетом стилистических особенностей окружающей застройки и ландшафта;
- ✓ *Принцип эффе́ктивности.* Предусматривает рациональное использование материалов и конструкций, учет эргономических требований;
- ✓ *Принцип преемственности.* Предусматривает учет культурных традиций;
- ✓ *Принцип сочетания пользы и красоты.* Предусматривает проектирование МАФов, которые одновременно выполняют утилитарную и декоративную функцию.

Все элементы архитектурного благоустройства классифицируются по функциональному назначению. Выделяются четыре основные функции: планировочная, утилитарная, неутилитарная, санитарно-гигиеническая. Элементы с определенным функциональным назначением объединяются в соответствующие группы (см. схему 1). Все перечисленные в схеме МАФы широко используются в благоустройстве городской среды.

К малых архитектурных формам предъявляются определенные требования проектирования, как и к другим архитектурным сооружениям и зданиям. Рассмотрим их:

- ✓ *Социальные* требования создают благоприятную и комфортную атмосферу для развития населения и выполнения им общественных функций;
- ✓ *Экологические* требования создают экологически чистую окружающую среду;
- ✓ *Экономические* требования предусматривают рациональное использование ресурсов;
- ✓ *Требования безопасности.* Предотвращение возможностей получения травм;

- ✓ **Функционально-конструктивные.** Определение габаритов, подбор материалов, конструктивных решений;
- ✓ **Технологические.** Учёт особенностей и возможностей материалов;
- ✓ **Эстетические** требования предусматривают художественное оформление пространства;
- ✓ **Градостроительные требования** учитывают градостроительную и ландшафтную ситуацию.

Благоустройство городов – это проведение ряда мероприятий по улучшению художественно-эстетических качеств, повышению уровня санитарно-гигиенического состояния, оздоровлению городской среды. Стимулом для преобразования городской среды в республике являются проводимые ежегодные смотры-конкурсы, фестивали-ярмарки «Дожинки».

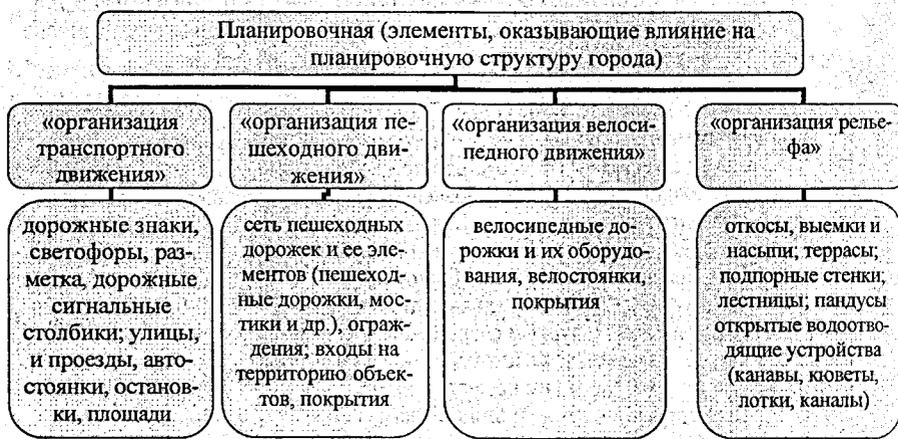
За последнее десятилетие в стране удалось значительно улучшить внешнее благоустройство и санитарное состояние городской среды (см. рис. 1). Уютные городские скверы,



благоустроенные улицы, площади и набережные, зоны отдыха, дороги, удобные тротуары, парковая скульптура и малые архитектурные формы, организация озеленения, фонтаны сформировали современный облик белорусских городов.

Повысился уровень эстетического восприятия созданных объектов благоустройства. Теперь уже мало кого удивит альпийской горкой. Человек стал более требовательным к качеству выполняемых элементов благоустройства и их оригинальности. Поэтому перед проектировщиками пространства стоит задача создать своеобразную градостроительную инфраструктуру, благодаря которой каждый белорусский город приобретет неповторимость, самобытность и привлекательность.

Рисунок 1 – Благоустройство городской среды



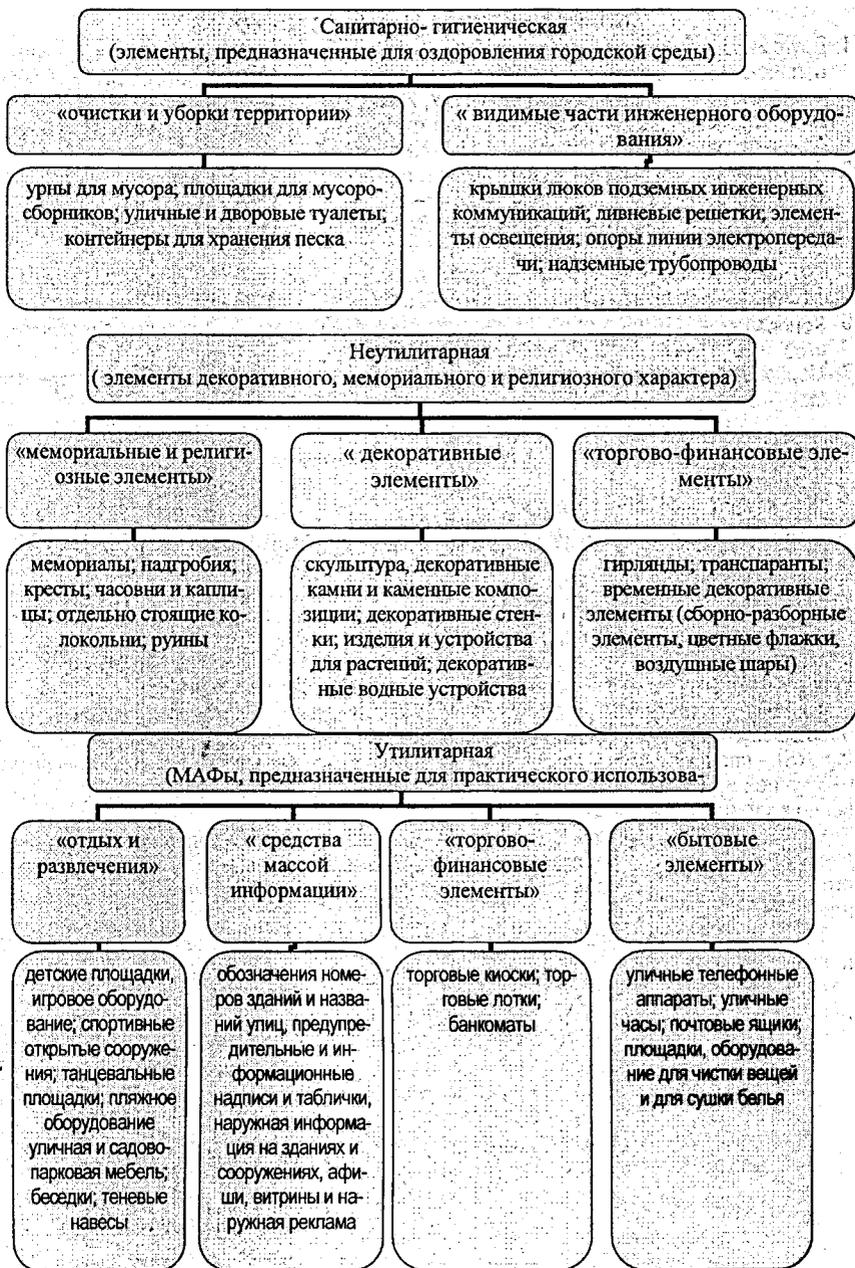


Схема 1 – Функции малых архитектурных форм, её основные группы и элементы

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Другомилов, Р.А. Архитектурное благоустройство сельских поселений как функционально-эстетическая система // Вестник архитектурного факультета БНТУ. Сборник научных трудов. – Выпуск 3. – М.: БНТУ, 2010. – С. 84–89.
2. Морозов, И. Большая роль и немалая ответственность: МАФы Минска и их ГАПы // Архитектура и строительство. – 2008. – № 5. – С. 36–39.
3. Сергачёв, С. Этномотивы малых архитектурных форм в рекреационной среде // Архитектура и строительство. – 2008. – № 5. – С. 40–43.
4. Мартинович, О. Скульптура в городе // Архитектура и строительство. – 2008. – № 5. – С. 44–47.
5. Потаев, Г. Методические основы проектирования малых ландшафтно-архитектурных форм // Архитектура и строительство. – 2008. – № 5. – С. 18–23.
6. Коновалов, И. Стиль и образ малых архитектурных форм // Архитектура и строительство. – 2008. – № 5. – С. 24–27.
7. Морозов, И. Формы, которым не суждено стать большими // Архитектура и строительство. – 2008. – № 5. – С. 48–50.

УДК 681.51

**Шиколай С.П.**

**Научный руководитель: Нагурный С.Г.**

### ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

Появившиеся в середине прошлого столетия мощные средства вычислительной техники, космические аппараты, оптические и электронные съёмочные системы, а также достижения в области накопления, хранения и обработки цифровой информации привели к революционным технологическим преобразованиям в области традиционной аэрофотосъёмки. Это нашло своё отражение в появлении и широком распространении обобщающего термина, дистанционное зондирование, ДЗ (*remote sensing, remote surveying, RS*) – процесс получения информации о поверхности Земли, объектах, расположенных на ней или в её недрах, *дистанционными методами*. Термин относят преимущественно к космическим съёмкам.

Результатом дистанционного зондирования является *космический снимок* исследуемой поверхности, представляющий собой уменьшенное изображение объекта, построенное путём его проектирования из одной или нескольких точек пространства на ту или иную поверхность по заданному закону.

Таким образом, дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) в широком смысле – это получение любыми неконтактными методами информации о поверхности Земли, объектах на ней или в её недрах, обычно в виде изображения земной поверхности в определённых участках электромагнитного спектра. Информация, полученная в виде фотографического, сканерного, радиолокационного или иного изображения в цифровом или аналоговом виде получила название материалов ДЗЗ. Дистанционное зондирование Земли осуществляется с поверхности суши или моря, с воздуха или из космоса в различных зонах электромагнитного спектра.

Основными преимуществами дистанционного зондирования являются:

- актуальность данных на момент съёмки;
- высокая оперативность получения данных;
- высокая точность обработки данных за счёт применения GPS-технологий;
- высокая информативность;
- наличие большего объёма информации (в сравнении с картами);

- применение спектральной, инфракрасной, лазерной и радарной съёмки в сочетании с возможностями цифровой обработки позволяет увидеть детали, неразличимые на традиционных снимках;
- возможность в короткие сроки получать информацию о большой площади поверхности Земли;
- экономическая целесообразность;
- возможность получения трёхмерной модели местности при дополнительной обработке в результате использования режима стереосъёмки или лазерных методов.

До недавнего времени космические данные не могли конкурировать с данными аэрофотосъёмки, что объясняется более высокой их стоимостью и сравнительно низкой разрешающей способностью используемых материалов, и, как следствие, получаемых данных.

Однако в последнее время индустрия и рынок ДЗЗ претерпели существенные технологические изменения. Новое поколение сенсоров для аэрокосмической съёмки предлагает невиданные информационные возможности. Появление на рынке снимков сверхвысокого разрешения (менее 1 м) позволило по своим возможностям приблизить космические данные ДЗЗ к данным аэросъёмки и существенно потеснить их на мировом рынке.

Технологические возможности космических снимков в сравнении с материалами аэрофотосъёмки отражают следующие данные:

Оптические спутниковые изображения	Аэрофотоснимки (на плёнке)
Стоимость снимка пропорциональна площади изображенного на нём участка местности	С увеличением площади цена растёт в меньшей степени
Данные фиксируются в цифровом виде, поэтому не нужно обрабатывать плёнку	Данные обычно записываются на плёнку. Требуется сканирование и коррекция за направление полёта
Облачность является большой проблемой. Период повторного посещения от 3 дней и более	Самолёт может летать ниже облаков или повторить полёт на следующий день
Минимальная площадь заказа составляет всего 64 кв. км. (25 кв.км. архивные)	Аэрофотосъёмка нерентабельна для небольших площадей
Никакого согласования для проведения космической съёмки не требуется	Процедура планирования и согласования проведения аэрофотосъёмки сложна и занимает много времени
В настоящее время самым лучшим считается пространственное разрешение 61 см	Можно получать изображения с разрешением до нескольких сантиметров в зависимости от высоты полёта
Одновременно получают изображения в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах	Плёночные камеры обычно получают раздельно цветные и инфракрасные изображения
Одна сцена покрывает площадь городской застройки 10x10 км или 16x16 км (Ikonos и QuickBird)	На снимках масштаба 1:40000 с размером пиксела 1 метр используемая площадь одного кадра равна 3.6 км x 6.4 км
Составление мозаики занимает меньше времени	Составление мозаики занимает больше времени
Специфика орбитальных полётов требует, чтобы направление полёта спутника (и, следовательно, съёмки) было с юга на север и с севера на юг	Направление съёмки значения не имеет
Средний срок поставки изображения после заказа составляет 7 дней. Для облачных или дождливых районов срок увеличивается до месяца	Срок поставки изображения зависит только от доступности самолёта и от лётной погоды
Быстрота и удобство обработки цифровых данных в камеральных условиях	Трудоёмкость и вследствие этого большие затраты при обработке результатов аэрофотосъёмки в камеральных условиях

В литературе отмечается ряд ситуаций, когда использование материалов космической съёмки более предпочтительно в сравнении с материалами аэрофотосъёмки, в частности:

- если требуется получить картографический материал с разреженной (по сравнению с топографическими картами сопоставимого масштаба) нагрузкой;
- если требуется получить большой пространственный охват, при среднем масштабе создаваемой или обновляемой карты (1:25000-1:50000);
- если требуется получить изображение небольшой площади (до 25 кв. км), в таких случаях аэрофотосъёмка не представляется рациональной;
- необходимо отобразить объекты, не показываемые на топографических или специальных картах или показываемые с недостаточной точностью (например, степень заболоченности, мелкие озёра, лесовозные дороги) и т.п.;
- необходимо определить и отобразить на картах дополнительные характеристики объектов (например, характер нарушения участка территории, параметры лесосек и т.п.);
- первостепенное значение имеет возможность оперативного получения данных (частая периодичность съёмки, большой архив);
- требуется произвести инвентаризацию изменений на территории происшедших с некоторого момента, в том числе определённых типов объектов;
- нет необходимости получения разрешения на проведение съёмки от государственных организаций.

В настоящее время бесспорным лидером на рынке материалов дистанционного зондирования являются США, лидирующие по числу космических систем, пространственному и спектральному разрешению снимков. Фундамент этих успехов был заложен запуском ИСЗ Landsat-1 (1972г.) и укреплен разработкой аппаратуры гиперспектральной съёмки, обеспечивающей приём до 384 спектральных каналов с относительно высоким разрешением (1997г.), и запуском первых успешно функционирующих систем высокого разрешения IKONOS (1999г.), QuickBird и OrbView (2000г.). Со временем круг стран, обладающих собственными космическими системами высокого разрешения, существенно расширился за счет Индии и Израиля, Франции и Канады, Великобритании и Китая, Южной Кореи и Японии, Германии и Италии, России и др.

В последнее время четко обозначились основные тенденции развития средств и методов дистанционного зондирования, и в первую очередь – высокого пространственного разрешения, а имеющийся опыт позволил сформулировать основные требования к ним, в частности:

- высокое пространственное (не хуже 1 м в панхроматическом диапазоне) и радиометрическое разрешение (не менее 11 бит на пиксел в панхроматическом диапазоне);
- наличие не менее четырёх спектральных каналов (в т.ч. одного инфракрасного) и высокое пространственное разрешение мультиспектральной съёмки не хуже 4 м;
- возможность выполнения стереоскопической съёмки;
- возможность использования полученных материалов для обновления картографических материалов масштаба 1:5000 и мельче и создания топографических карт масштаба 1:10000 и мельче;
- периодичность получения данных на одну и ту же область не более трёх суток на широте 54–56°;

- возможность осуществления мониторинга определённых территорий и районов не менее четырёх раз в год;
- возможность выполнения съёмки с отклонением визирной оси от отвесной линии на угол до 30°.

Ценовая политика поставщиков материалов дистанционного зондирования достаточно гибка и зависит от ряда факторов.

Пространственное разрешение (м)	Российские системы		Зарубежные системы		Масштаб создаваемой или обновляемой карты
	Название	Стоимость* (росс.руб./км <sup>2</sup> )	Название	Стоимость* (росс.руб./км <sup>2</sup> )	
<2	КВР-1000	100-150	IKONAS, TES, OrbView-3, QuickBird-2	440-590**	1:5000-1:10000
2-3	КФА-3000	6-13	SPOT-5, EROS	39-225**	1:10000-1:25000
3,5-8	КФА-1000, Монитор-Э	1-2	IRS	29-76	1:25000-1:50000
15	МК-4	0,3-0,7	Landsat-7, ASTER	1-2	1:100000
20-30	КАТЭ-2000	0,03-0,09	Landsat-4	1	1:100000-1:200000

\* - в зависимости от полноты и объёма заказа, сложности обработки, поставщика и т.д.  
 \*\* - установлены компанией "Совзонд" с 1 мая 2005 г.

Так, снимки для научных исследований распространяются по цене воспроизведения, а для планирования землеустройства и градостроительства – на коммерческой основе; оперативные снимки всегда дороже архивных, учитывается глубина предварительной обработки и т.д., при этом в ряде случаев установленные для потребителей России и стран СНГ цены ниже их среднего уровня на мировом рынке данных дистанционного зондирования. Стоимость российской космической продукции на порядок ниже, чем зарубежной.

Таким образом, в настоящее время имеется достаточно обширный рынок данных дистанционного зондирования, способный обеспечить потребности как тематического картографирования, так и крупно- и среднemasштабного топографического картографирования.

Появление конкуренции на рынке спутниковых систем высокого разрешения привело к значительному снижению стоимости космических снимков. Это неизбежно приводит к дальнейшему снижению цен на данные, что в свою очередь сделает их более доступными для широкого круга пользователей.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Назаров, А.С. Фотограмметрия: учеб. пособие для студентов вузов. – Мн.: ТетраСистемс, 2006. – 368 с.: ил.
2. Кашкин, В.Б. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: учебное пособие / В.Б. Кашкин, А.И. Сухинин – М.: Логос, 2001. – 264 с.
3. Геоинформатика: учеб. для студ. вузов / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов [и др.]; под ред. В.С. Тикунова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 480 с.; с цв. ил.: ил. (классический университетский учебник)
4. Лабутина, И.А. Дешифрование аэрокосмических снимков: учеб. пособие для студентов вузов. – М.: АспектПресс, 2004. – 184 с., 8 с. цв. вкл.

### ПЕРЕРАБОТКА КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ БЛОКА ОГ-28 ПО С. 3.280-6 В СООТВЕТСТВИИ С ПОЛОЖЕНИЯМИ СНБ 5.03.01-02

Снижение материалоемкости продукции стройкомплекса является одной из приоритетных задач решаемых сегодня в Республике Беларусь. В настоящей работе были решены практические задачи, поставленные руководством ОАО «Барановичский комбинат железобетонных конструкций» (письмо № 08/1227 от 01 марта 2011 года), а именно:

- замена гидротехнического бетона М200 на тяжелый бетон;
- изменение конструктивного решения анкеровки закладных деталей с учетом имеющейся на заводе технологии;
- изменение армирования из арматурной стали классов А-I и А-III по ГОСТ 5781-75 на арматурную сталь классов S240 и S500 удовлетворяющую требованиям СТБ 1704.

При решении поставленных задач использовали следующие подходы.

1. При замене гидротехнического бетона на обычный тяжелый бетон за основу принималась плотность бетона, определяющая в данном случае не только водонепроницаемость бетона, но и защитные функции бетона по отношению к арматуре.
2. Изменение конструктивного решения анкерных стержней закладной детали производится из обеспечения восприятия усилия разрыва последних в существующем варианте.
3. Изменение армирования в сечениях блока базируется на обеспечении такой же несущей способности сечений элемента, какая предусмотрена в существующем решении с учетом дополнительных требований по содержанию арматуры в сечении предусмотренных в действующих НТД.

#### Изменение конструктивного решения анкерных стержней закладных деталей

В рассматриваемом блоке использованы закладные детали из листового проката с приваренными анкерами. Положение наружной поверхности закладных деталей предусмотрено в одной плоскости с бетонной поверхностью. Анкерующие стержни расположены симметрично и с учетом специфики изготовления.

Толщина пластины определена проектировщиками из учета жесткости, прочности и с учетом возможности приварки анкером. Так, для пластин из стали С<sup>38</sup>/23 с анкерами из арматуры  $\phi 6$  класса S240 их минимальная толщина определится:

$$\delta = 0,41 \cdot d = 0,41 \cdot 6 = 2,46 \text{ мм} < \delta_{\text{факт}} = 6 \text{ мм}.$$

В то же время по условиям технологии при изготовлении закладной детали при использовании дуговой сварки под слоем флюса (на сварочных автоматах) следует принимать  $d_{\text{min}} = \phi 8$  S240. Тогда:

$$\delta = 0,41 \cdot d = 0,41 \cdot 8 = 3,28 \text{ мм} < \delta_{\text{факт}} = 6 \text{ мм}.$$

Анкерные стержни закладной детали лучше выполнять из арматуры периодического профиля (S400), а если использовать гладкую арматуру класса S240, то по торцам должно быть выполнено усиление (например – крюки, высаженные головки).

В нашем случае использованы анкера из арматуры класса  $\phi 6$  S240 приваренные к пластине в тавр (т.н. нормальные анкера).

Длина анкера должна быть не менее длины анкерówki  $l_{bd}$ . Длина анкера может быть уменьшена при устройстве на конце высаженных горячим способом головок диаметром не менее  $2\phi$  для арматуры класса S240. В этом случае длина анкера определяется расчетом на смятие бетона и должна быть не менее  $15\phi$ , 100 мм и  $0,6l_{bd}$ .

#### Расчет длины анкерówki стержней

Расчет производим из условия разрыва существующего анкера на усилии

$$N_{sd} = A_{s1} \cdot R_a = 28,3 \cdot 205,8 = 5824,1 \text{ Н} = 5,82 \text{ кН},$$

где  $A_{s1} = 28,3 \text{ мм}^2$  – площадь сечения существующего анкера  $\phi 6 \text{ А-I}$ ;

$R_a = 2100 \text{ кг/см}^2$  ( $R_a = 2100 \cdot 9,8 \cdot 10^{-2} = 205,8 \text{ МПа}$ ) – согласно СНиП 11-21-75.

Согласно СНБ 5.03.01-02 при использовании анкера  $\phi 8 \text{ S240}$  полное усилие будет

$$N_{sd} = A_{s2} \cdot f_{yd} = 50,3 \cdot 218 = 10965,4 \text{ Н} = 10,96 \text{ кН},$$

где  $A_{s2} = 50,3 \text{ мм}^2$  – площадь сечения анкера  $\phi 8 \text{ S240}$ ,  $f_{yd} = 218 \text{ МПа}$  – для арматуры S240, т.е.  $k = 5,82 / 10,96 = 0,53$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot l_b \cdot \frac{A_{sred}}{A_{sprov}} \geq l_{bmin}$$

при  $l_{bmin} = 100 \text{ мм}$ ,  $l_{bmin} = 15\phi = 15 \cdot 8 = 120 \text{ мм}$ , и при  $l_{bmin} = 0,6 \cdot l_b = 0,6 \cdot 166,68 = 100,00 \text{ мм}$ .

Базовая длина анкерówki определяется

$$l_b = 0,25\phi \cdot f_{yd} / f_{bd} = 0,25 \cdot 8 \cdot 115,54 / 1,39 = 166,68 \text{ мм}$$

При определении  $l_{bmin}$  учтем фактически действующие напряжения, т.е.

$$\sigma_s = k \cdot f_{yd} = 0,53 \cdot 218 = 115,54 \text{ МПа}$$

Предельное напряжение сцепления при работе анкера в бетоне класса C<sup>30/37</sup>

$$f_{bd} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot f_{ctd} = 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 1,33 = 1,39 \text{ МПа}$$

при  $\eta_1 = 0,7$ ;  $\eta_2 = 1,0$ ;  $\eta_3 = 1,5$  (см. п. 11.2.33 [1])

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{2,0}{1,5} = 1,33 \text{ МПа}.$$

Тогда длина анкерówki определяется  $l_{bd} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 166,68 \times 0,53 = 61,84 \text{ мм} < l_{bmin}$ .

Принимаем длину анкера равной  $15\phi = 15 \cdot 8 = 120 \text{ мм}$ .

**Сравнение расхода стали** по базовому и предлагаемому вариантам конструктивного решения анкеров.

Расход стали  $\phi 6 \text{ S240}$  по базовому варианту:

$$G_6 = 0,2 \cdot 4 \cdot 0,222 = 0,178 \text{ кг} = 0,18 \text{ кг},$$

где  $0,2 \text{ м}$  – длина одного анкерного стержня,  $0,222 \text{ кг/м.п.}$  – масса 1 м.п. арматуры  $\phi 6$ .

Расход стали  $\phi 8 \text{ S240}$  по предлагаемому:

$$G_8 = 0,12 \cdot 4 \cdot 0,396 = 0,190 \text{ кг} = 0,19 \text{ кг} \quad (+5,3\%)$$

Несмотря на то, что расход стали больше, предлагаемый вариант соответствует требованиям применяемой технологии изготовления при минимально допустимых диаметрах.

Изменение армирования из арматурной стали класса А-I и А-III по ГОСТ 5781-75 на арматурную сталь классов S240 и S500, удовлетворяющую требованиям СТБ 1704

Расчет армирования был выполнен согласно положениям СНиП 11-21-75 с учетом следующих характеристик материалов: бетон марки 200 ( $R_{np} = 910 \text{ кг/см}^2$ ); арматура класса А-I ( $R_a = 2100 \text{ кг/см}^2$ ); арматура класса А-III ( $R_a = 3400 \text{ кг/см}^2$ ).

Расчет производим из условия, что усилия в сжатой зоне и усилия в растянутой зоне равны.

$$x = \frac{R_a \cdot F_a}{R_{np} \cdot b} = \frac{3400 \cdot 2613,0}{90 \cdot 2000} = 49,36 \text{ мм},$$

$$M_{Rd} = R_{np} \cdot b \cdot x \cdot (d - 0,5x) = 8,82 \cdot 2000 \cdot 49,36 \cdot (172 - 0,5 \cdot 49,36) = 128,27 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

где  $d = 200 - 20 - 0,5 \cdot 16 = 172 \text{ мм}$ ,  $F_a = 2613,0 \text{ мм}^2$  – площадь 13Ø16 А-III,

$$F_a = 786,0 \text{ мм}^2 \text{ – площадь } 13Ø8 \text{ А-I}, R_{np} = 90 \cdot \frac{9,8}{100} = 8,82 \text{ МПа}, M_{sd} = M_{Rd} = 128,27 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Согласно заданию заказчика, гидротехнический бетон марки М200 заменяется тяжелым бетоном класса С<sup>30/37</sup> ( $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 30 / 1,5 = 20 \text{ МПа}$ ); арматура класса S240 ( $f_{yd} = 218,0 \text{ МПа}$ ), арматура класса S500 ( $f_{yd} = 418,0 \text{ МПа}$  – для диаметров 4–5 мм и  $f_{yd} = 435,0 \text{ МПа}$  – для диаметров 6–22 мм).

$$\alpha_m = \frac{M_{sd}}{\alpha \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{128,27 \cdot 10^6}{1,0 \cdot 20 \cdot 2000 \cdot 173^2} = 0,107,$$

где  $d = 200 - 20 - 7 = 173 \text{ мм}$

$$\eta = \frac{z}{d} = 0,5 + \sqrt{0,25 - \frac{\alpha_m}{C_0}} = 0,5 + \sqrt{0,25 - \frac{0,107}{1,947}} = 0,941,$$

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{f_{yd} \cdot \eta \cdot d} = \frac{128,27 \cdot 10^6}{418,0 \cdot 0,941 \cdot 173} = 1885,01 \text{ мм}^2,$$

$$A_{smin} = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,1508 \cdot 10^{-2} \cdot 2000 \cdot 173 = 521,8 \text{ мм}^2,$$

$$\rho_{min} = 26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 26 \cdot \frac{2,9}{500} = 0,1508\% > 0,13\%.$$

Принимаем 13Ø14 S500 с  $A_{s1} = 2000 \text{ мм}^2$ . Поперечная арматура принимается 14Ø6 S500 с шагом 200 мм.

Сетка установленная в другой зоне сечения блока имеет вертикальную рабочую арматуру 10Ø8 А-I с  $A_s = 502 \text{ мм}^2$ , меньше  $A_{smin} = 1112,3 \text{ мм}^2$

$$A_{smin} = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,316 \cdot 10^{-2} \cdot 2000 \cdot 176 = 1112,3 \text{ мм}^2,$$

$$\rho_{min} = 26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 26 \cdot \frac{2,9}{240} = 0,316\%.$$

Принимаем арматуру класса S500 с учетом  $\rho_{min}$

$$A_{smin} = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,1508 \cdot 10^{-2} \cdot 2000 \cdot 176 = 530,8 \text{ мм}^2,$$

$$\rho_{min} = 26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 26 \cdot \frac{2,9}{500} = 0,1508\% > 0,13\%.$$

Принимаем  $2\phi 10$  S500 с  $A_s = 157,0 \text{ мм}^2$  и  $8\phi 8$  S500 с  $A_s = 402,0 \text{ мм}^2$ , т.е.  $A_s = 559 \text{ мм}^2 > A_{s \text{ min}} = 530,8 \text{ мм}^2$ . Поперечная арматура устанавливается  $14\phi 6$  S500 с шагом 200 мм.

Аналогично выполняем расчет и в других сечениях, а результаты расчета сводим в табл. 1. В таблице приведено сравнение расхода арматуры по базовому варианту и по предлагаемому.

Таблица 1 – Результаты расчета нормальных сечений блока

№ п/п	Показатели	Сечение 1-1	Сечение 2-2	Сечение 3-3
1	Существующие параметры			
	$F_a, \text{ мм}^2$ (13 $\phi$ 16 A-III)	2613,0	2613,0	-
	$F_a, \text{ мм}^2$ (10 $\phi$ 8 A-I)	502,0	502,0	-
	$F_a, \text{ мм}^2$ (9 $\phi$ 16 A-III)	-	-	1810,0
2	После перерасчета			
	$A_{s1}, \text{ мм}^2$ (13 $\phi$ 14 S500)	2000,0	2000,0	-
	$A_{s2}, \text{ мм}^2$ (2 $\phi$ 10 S500) (8 $\phi$ 8 S500)	152,0 402,0	152,0 402,0	-
	$A_{s1}, \text{ мм}^2$ (9 $\phi$ 14 S500)	-	-	1385,0

Таблица 2 – Сопоставление расхода арматуры базового и предлагаемого варианта, кг

Наименование	Базовый вариант			Предлагаемый вариант		
	$G_1$	n	$\sum G_1$	$G_1$	n	$\sum G_1$
1. Сетка С-1	67,4	1	67,4	49,43	1	49,5
2. Сетка С-2	21,8	1	21,8	22,97	1	23,0
3. Сетка С-3	33,8	1	33,8	24,72	1	24,8
4. Сетка С-4	10,8	1	10,8	11,48	1	11,5
5. Каркас К1	1,91	7	13,4	1,07	7	7,5
6. Отдельные стержни	1,19	9	10,7	0,91	9	8,2
7. Зкладная деталь МН1	0,88	10	8,8	0,89	10	8,9
Итого			166,7			133,4

### Заключение

1. Замена арматуры класса А-I и А-III по ГОСТ 5781-75 на арматуру класса S500 по СТБ 1704 с учетом требований СНБ 5.03.01-02 позволяет снизить расход арматуры по массе на 20% при изготовлении блоков ОГ-28 из тяжелого бетона класса  $C^{30}/_{37}$  с W8.
2. Данное конструктивное решение блока ОГ-28 с внесенными изменениями может использоваться в соответствии с фактическими расчетной схемой и условиями эксплуатации на любых объектах.
3. Переработанные рабочие чертежи арматурных изделий переданы руководству ОАО «Барановичский комбинат железобетонных конструкций» согласно письму № 08-24/1430 от 31.03.2011г. для практического использования.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01-02. Минстройархитектура РБ. – Мн.: Минсктиппроект, 2003. – 140 с.
2. Бетонные и железобетонные конструкции: СНиП 11-21-75. Госстрой СССР – М.: Стройиздат, 1976. – 89 с.
3. Портальные оголовки трубчатых сооружений и открытых регуляторов: рабочие чертежи блока ОГ-28 по с. 3.820-6, вып. 1/80. Введены с 01.08.1980 г.

## СТИЛЬ ЛОФТ И ЕГО ВОЗМОЖНОСТИ В РЕГЕНЕРАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

В настоящее время в мире большое внимание уделяется теме сохранения «старых промышленных построек». Целью данной работы является рассмотрение возможности применения опыта ревитализации как метода сохранения и усовершенствования архитектурной среды города в XXI веке, на примере города Бреста. Цель диктует ряд задач. Это – рассмотрение примеров лофта и ревитализации в России, Литве и в мире; выявление причин, мешающих реализации проектов лофта в Беларуси; возможности ревитализации заброшенной архитектуры города Бреста.

Под ревитализацией здесь и далее понимается реконструкция промышленных зданий и сооружений с изменением функции самого объекта. А лофт – это более узкое определение ревитализации, с изменением функции промышленных комплексов именно под жилье. Своевременное переосмысление промышленных комплексов – залог гармоничного развития исторически сложившейся городской среды, что обуславливает актуальность данной темы.

### Определение стиля лофт

Полагают, что первые жилые лофты появились в Нью-Йорке, на Манхэттене. В XIX в. здесь активно строили промышленные, складские и торговые здания. Из-за общего удорожания земли производство переместилось с Манхэттена на окраины и в опустевшие районы, которые и до этого считались беспокойными. Чтобы составить впечатление о том, как выглядели будущие лофты (тогда все еще заброшенные склады) в середине XX в., достаточно вспомнить бандитские разборки в фильмах «Спящие» Барри Левинсона и «Крестный отец» Френсиса Форда Копполы.

Поворотным этапом в истории пустующих фабрик и мастерских стало стихийное заселение в них представителей богемы в последние десятилетия прошлого века. Знаменитым нью-йоркских лофтов по праву считается Энди Уорхол, устроивший в Манхэттене Фабрику – студию-галерею, которая немедленно превратила лофты в объект желания не только богемной молодежи, но и



Рисунок 1 – (а, б) Венские газометры

преуспевающих бизнесменов, адвокатов и врачей. В 1982 г. власти Нью-Йорка приняли «Закон о лофтах», легализовав процесс перехода промышленных площадей в жилые. С удорожанием земли иметь такой лофт стало престижно, районы лофтов превратились в модные и крайне дорогие. Из

Американская мода на лофты перекочевала в Европу – в столицы Великобритании, Германии, Австрии, Франции, Голландии. В последние десять лет лофты стали популярны в Праге – там под жильё отдают отреставрированные многоэтажные здания старых пивоварен. Очень любят лофты и в Токио, где подобный вид жилья считают более престижным, чем пентхаусы.

Все-таки лофт – довольно специфический вид недвижимости, который подойдет не каждому. С практической точки зрения, это хороший вариант, например, для людей творческих профессий, которым удобно не ездить в студию на другой конец города, а просто подняться на другой этаж или перейти в другую часть апартаментов. Большинство обеспеченных покупателей жилья, а тем более «вторых домов», за рубежом интересны, скорее, исторические дома или новые пентхаусы в центральных районах.

Что же делает лофты настолько привлекательными для потребителя? Безусловно, это не только созданный имидж модного жилища. Прежде всего лофт представляет собой открытое пространство площадью от 200 до 1000 кв. м с минимальным количеством несущих конструкций и перегородок. Многие лофты представляют собой одну огромную комнату, т.н. квартиру-студию.

Характерными признаками лофта в такой квартире являются неоштукатуренные кирпичные стены; металл в интерьере (вентиляционные и водопроводные трубы, мебель); детали, сохранившиеся с заводских времен (чугунные колонны, бетонные балки, пол из грубых досок, станки-арт-объекты); стекло (гигантские окна); свет становится в этих жилищах важнейшим действующим лицом, проникая в помещение со всех сторон и создавая ощущение прозрачности.

Яркий европейский пример – самый масштабный проект – Венские газометры (рис. 1) (годы строительства 1896-1899), перестроенные в период с 1999 по 2001 год, они стали многофункциональными комплексами. Внутри газометров появилось своё особое сообщество наподобие посёлка, города в городе, развилось настоящее ощущение единения и общности.

Перепрофилирование промышленных зданий в музейные – довольно типичная смена функции, получившая за последние 30 лет широкое распространение во всем мире. Необходимость для музеев огромных пространств, свободной планировки и текучести объемов только облегчают задачу смены функции. Примером служит галерея Тейт Модерн в Лондоне, открытая в 1994 году – бывшая электростанция архитектора Джэйлза Гилберта Скотта (годы строительства 1947–1963).

Также работа голландских архитекторов и дизайнеров: проект помещения, которое располагается на территории Дельфтского университета. Помещение бывшей фабрики после пожара реконструировали и сделали в нем функционирующее пространство, одним из назначений которого является проведение университетских лекций.

Здание дома кино в Париже построено в 1937 для всемирной выставки. В 1990 г. было решено сделать дом кино "Palais du Cinema". Из-за финансовых проблем проект остановился в 1997 г., и к этому времени министерство культуры решило определить это местом современного искусства и то с очень ограниченным бюджетом. За проект взялись французские архитекторы. Из-за скромного бюджета рождались весьма оригинальные идеи.

### **Лофт в России и Литве**

Сейчас лофт становится популярным и в России. Так же широко используется лофт как стиль в интерьере. Интерес архитекторов и градостроителей к освоению бывших промышленных зон возник ещё в семидесятые годы, в период экономического подъема. Однако тогда не было реализовано ни одного проекта, так как процесс ревитализации не соответствовал идеологии государства той эпохи.

Лофт-квартал «Даниловская мануфактура 1867» Здания бывшей текстильной фабрики на территории 7,65 га будут восстановлены с той тщательностью и вниманием к деталям, которые необходимы для создания живой и дружественной атмосферы. Успех «Даниловской мануфактуры» признан завоеванием множеством премий в различных

конкурсах. Инфраструктура квартала тщательно продумана и призвана удовлетворять важнейшие потребности арендаторов: Полная замена инженерии на самые современные системы энергообеспечения, связи, безопасности, пожаротушения, лифт.

Винзавод в Москве - это комплекс промышленных построек (старинные цеха, дегустационные лаборатории, лофты и винные подвалы). Общая площадь - 20 000 метров. В помещениях старинного пивоваренного завода "Московская Бавария" располагаются: 3 крупных выставочных зала, авторитетные московские галереи, дизайн-студии, мастерские художников, школа стилистов, арт-кафе, книжный магазин, открытая площадка для проведения культурных мероприятий: концертов, фестивалей и презентаций.

Лофт Проект ЭТАЖИ — пионер лофт-дизайна в Петербурге. С 2007 года Лофт располагается практически в самом центре города на пяти этажах промышленного здания бывшего «Смольнинского хлебозавода». Во многом сохраненный интерьер завода, изобилующий такими экспонатами, как окантованные металлом бетонные колонны, сверлильный станок, оборудование для выпечки хлеба, дополнены дизайнерскими находками (ярко-красными швами и стеклянными окнами в оригинальном заводском полу), современной и антикварной мебелью, эффектными деталями. На сегодняшний день Лофт Проект ЭТАЖИ – это многофункциональное арт-пространство, объединяющее на пяти этажах 3 галереи современного искусства, несколько выставочных залов, галерею авторской одежды, магазин одежды 59.6, магазин дизайнерских книг, бар, кофейню.

Лофты в Литве появились в конце XX в. по инициативе людей искусства. Крупнейший местный квартал лофтов, так называемый завод „555“, расположен в центре Вильнюса в бывшем здании завода радиотехнических приборов. Технологический прогресс повлиял на синтез идеи лофтов и концепции Умного дома. Технология Умного дома позволяет управлять практически всеми системами жилья: освещением, отоплением, вентиляцией, системой противопожарной безопасности, видео- и аудиоаппаратурой, баней и бассейном, системами полива, а также самостоятельно вести учет электричества, воды, газа. Сейчас в Литве понятие «Умный дом» тождественно понятию «лофт».

### Лофт в Беларуси

Работая над проблемой лофта в Беларуси, я выяснила, что на данный момент эти два понятия не совместимы. Обозреватель портала <http://www.interfax.by/> обзвонила несколько риэлторских контор, чтобы узнать, предлагается ли у нас к аренде такой тип недвижимости. Настоящих лофтов в Беларуси пока нет, но удалось найти некоторое количество предложений снять офис в складском помещении.

Был задан вопрос архитектору Александру Семизвонскому о проблеме лофта в Беларуси: "В Беларуси еще не сформированы ни предложение, ни спрос на подобные оригинальные проекты, которые пользуются большой популярностью на Западе. При разработке концепций переоборудования промышленных помещений мы несколько раз подавали нашим клиентам идею обустройства лофта, однако пока ни один девелопер пока ее не поддержал. Создание лофтов - идеальный вариант извлечения прибыли для организаций, арендующих площади в бизнес-центрах классов В и С. В Минске не меньше 15 объектов, которые можно переоборудовать в лофты. Творческие личности не отказались бы переехать в квартиру-лофт, по примеру западных коллег. Огромные пространства создают определенное настроение. Окна-витрины, балки, несущие конструкции – все это предполагает эклектичный интерьер, максимальное использование пластика, металла, стекла".

Звонок в агентство недвижимости, выявил, что даже если найдутся смелые люди, которые решатся на превращение идеи лофта в Беларуси в жизнь, то перспекти-



Рисунок 2 – Торговые ряды "Корона" в Гродно

вы не такие уж радужные. Например, для перевода индустриального помещения в жилищный фонд необходимо получить большое количество разрешений и пройти массу экспертиз, что под силу далеко не каждому. Но все-таки мне очень хотелось верить в то, что и в нашей стране не все так безнадежно в области ревитализации. И я нашла одно переоборудованное строение в Гродно, теперь это торговые ряды "Корона", в здании бывшей прядильно-ниточной фабрики. Было переоборудовано в 2000–2002 годах (рис. 2). Сложно, конечно, судить, лофт ли это, точнее все признаки обратного говорят сами за себя, от здания бывшей фабрики не осталось ничего, кроме каркаса. А ведь лофт – это не только полное переоборудование здания, а и сохранение некоторых характерных особенностей "фабричной жизни" здания.

### **Заключение**

В нашем родном городе существует немало зданий, которые готовы к ревитализации, например, водонапорная башня на пересечении улиц Мицкевича и Карбышева, пустующая больше 30 лет, а ведь уже даже существует несколько проектов. Этот список можно продолжать: водонапорная станция по ул. Ленина, заброшенная котельная в центре города, завод ЖБК по ул. Гоголя, цеха Цветотрона, недостроенные аптечные склады на Я. Купалы, хоть еще и кое-как работающий Ковровый комбинат на пересечении Я. Купалы и Пионерской.

Именно этот ковровый комбинат натолкнул меня на тему этой работы, т.к. я живу на этой улице меня очень волнует ее облик, и прыгая по колдобинам знаменитой дороги, и скучая в час-пик в пробке по ул. Пионерской, как раз рядом со знаменательным Ковровым комбинатом, хочется чтобы хоть что-то радовало глаз и привлекало внимание, на мой взгляд, достойная архитектура именно в облике Коврового комбината справилась бы с этой задачей замечательно. И может это не слишком научные предпосылки к подходу написания этой научной работы, но разве не проблемы быта становятся в основе научных достижений?

И начиная искать материал для этого проекта, я даже не знала точного определения стиля лофт, не знала о ревитализации, а знала только о существовании опыта такого переоборудования за границей. А если более детально подходить к благоустройству улицы Я. Купалы, то тут только ревитализация не поможет, даже с первого не слишком глубокого взгляда можно заметить, что на этой улице нет совершенно никаких мест для отдыха, я понимаю, что это был заводской район, но сейчас все немного изменилось – это и жилой квартал. Получается, что жителям по сторонам лучше не смотреть – архитектура не радует, и вниз также – дорога не внушает радости, и во дворе свободно не пройдешь, потому что машины паркуются на тротуаре, и двойными рядами и невезь как – так как автомобильной стоянки в нашем районе нет. А что тогда делать?.. Переезжать? На мой взгляд, это не выход, да и практически в любом районе Бреста существуют подобные проблемы, и их нужно решать, решать комплексно. Я предлагаю ревитализацию использовать как один из методов.

### **СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. <http://archnest.com/>
2. <http://www.design.kg/>
3. <http://www.forma.spb.ru/>
4. <http://www.eden.by/>
5. <http://www.kurier.lt/>
6. <http://kyky.org/>
7. <http://www.nedelia.lt/>
8. <http://travel-child.ru/>
9. <http://www.winzavod.ru/>
10. <http://www.loftprojectetagi.ru/>
11. <http://www.redeveloper.ru/>

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПРОБЛЕМЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**Безгина М.Н., Вашковец С.А.**

*Научный руководитель: доцент Громик Н.В.*

ВОПРОСЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ В СВЕТЕ ЗАКОНА  
«О МЕЛИОРАЦИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ» .....

4

**Берцевич Е.А., Мисливец И.Ю.**

*Научные руководители: доцент, к.т.н. Науменко Л.Е.,  
ст. преподаватель Акулич Т.И.*

ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ УДАЛЕНИЯ АЗОТА И ФОСФОРА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ ОЧИ-  
СТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ Г. БЕРЛИНА .....

6

**Бирук Е.Н.**

*Научный руководитель: д.г.н., профессор Волчек А.А.*

ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ СТРУКТУРЫ ЗЕМЕЛЬНЫХ УГОДИЙ БЕЛУССКОГО  
ПОЛЕСЬЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И ПРИРОДНЫХ  
ФАКТОРОВ (НА ПРИМЕРЕ ПИНСКОГО РАЙОНА) .....

11

**Бурак Е.В., Кравчук С.А.**

*Научный руководитель: доцент Житенева Н.С.*

ПОСТРОЕНИЕ ЛИНИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ И РАЗВЕРТОК РАЗЛИЧНЫХ  
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ .....

14

**Ветик Д.В., Максимук Ю.С.**

*Научный руководитель: ст. преподаватель Прилуцкая О.Е.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ТАЛОЙ ВОДЫ, СОБРАННОЙ ОКОЛО  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ Г. БРЕСТА И БРЕСТСКОГО РАЙОНА,  
НА ПРОРАЩИВАНИЕ СЕМЯН ФАСОЛИ И ГОРОХА .....

17

**Волкова М.А., Онижук В.Л.**

*Научный руководитель: д.г.н., профессор Волчек А.А.*

ТЕХНОЛОГИЯ СОХРАНЕНИЯ РОДНИКОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ  
МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ .....

20

**Дашкевич Д.Н.**

*Научный руководитель: проф. Волчек А.А.*

ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА РЕК БЕЛАРУСИ  
ДО 2020 Г. (НА ПРИМЕРЕ Р. ЯСЕЛЬДА) .....

23

**Касперович А.В.**

*Научный руководитель: ассистент Наумчик Г.О.*

ИССЛЕДОВАНИЯ ФЛОКУЛИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ОЗОНА  
ПРИ УДАЛЕНИИ ТРУДНООСЕДАЕМЫХ ЧАСТИЦ И ИНТЕНСИФИКАЦИЯ  
ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ ДРУГИМИ РЕАГЕНТАМИ .....

27

**Козлович И.Г., Кривецкая Е.С.**

*Научный руководитель: Левчук Н.В.*

ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ БЕТОНОВ ПРИ  
ВОЗДЕЙСТВИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ВО ВЛАЖНОЙ СРЕДЕ .....

32

**Медуница А.Г., Ярощик А.А.**

*Научный руководитель: доцент, к.биол.н. Босак В.Н.*

ПЕРСПЕКТИВЫ ПЛАНТАЦИОННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ГОЛУБИКИ  
ВЫСОКОРОСЛОЙ НА ЮГЕ БЕЛАРУСИ .....

35

**Мелеховец Р.А.**  
**Научный руководитель: Глушко К.А.**  
ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ РАСЧЕТА  
МЕЖДРЕННОГО РАССТОЯНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НА ОСУШЕН-  
НЫХ ТОРФЯНИКАХ..... 40

**Протасевич А.Н.**  
**Научный руководитель: профессор, д.г.н. Волчек А.А.**  
АНАЛИЗ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗА 2008–2009 ГГ. ПО БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 43

**Рачко Н.Ю.**  
**Научный руководитель: к.т.н., доцент Белов С.Г.**  
ОЧИСТКА ВЫСОКОМУТНЫХ ДРЕНАЖНЫХ ВОД МЕЛОВОГО КАРЬЕРА  
МЕТОДОМ РЕАГЕНТНОЙ КОАГУЛЯЦИИ..... 45

**Сноп Е.С., Штофен А.С.**  
**Научный руководитель: ассистент Мицирук О.М., доцент Шумская Л.П.**  
ПРИМЕНЕНИЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ  
НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ..... 50

**Шитик С.В., Овсяник А.В.**  
**Научный руководитель: профессор Северянин В.С.**  
ВЕТРОТЕПЛОГЕНЕРАЦИЯ ..... 53

### ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Бокатюк С.С., Гребнев Е.В.**  
**Научный руководитель: ст. преподаватель Тузик И.В.**  
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАБОТЫ С КОНЕЧНЫМИ АВТОМАТАМИ ..... 57

**Давидюк Ю.И., Евчик С.А.**  
**Научный руководитель: проф. Муравьев Г.Л.**  
РАСШИРЯЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО  
КОМПЛЕКСА ИМИТАЦИИ СЛУЧАЙНЫХ ОБЪЕКТОВ ..... 59

**Давидюк Ю.И.**  
**Научный руководитель: Савицкий Ю.В.**  
НЕЙРОСЕТЕВОЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ХАОТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ..... 61

**Дубина С.С., Чернецкий А.М., Анфилец С.В.**  
**Научный руководитель: доцент Шуть В.Н.**  
РОБОТЫ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ ..... 63

**Кедринский П.Б., Войцехович О.Ю.**  
**Научный руководитель: доцент Шуть В.Н.**  
РАСЧЁТ ПЛАНА КООРДИНАЦИИ МАГИСТРАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ДЕТЕРМИНИРОВАННОЙ МОДЕЛИ..... 65

**Коваленко В.Ю.**  
**Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.**  
АРХИТЕКТУРА ПОРТАТИВНОГО ТЕРМИНАЛА ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА  
ПАВОДКА НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ GNU/LINUX ..... 69

**Кожановский Д.Н.**  
**Научный руководитель: Хведчук В.И.**  
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ ТЕСТИРУЮЩЕГО КОНТЕНТА ..... 71

**Кожановский Д.Н.**  
**Научный руководитель: Хведчук В.И.**  
РЕАЛИЗАЦИЯ МАСШТАБИРОВАНИЯ ДЛЯ ТЕСТИРУЮЩЕГО КОНТЕНТА ..... 73

<b>Кочурко В.А., Согоян А.Л.</b> <b>Научный руководитель: проф. Муравьев Г.Л.</b> КЛАССЫ, АЛГОРИТМЫ ГЕНЕРАЦИИ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ СТОХАСТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ.....	75
<b>Медведюк О.И., Сидорук О.В.</b> <b>Научный руководитель: проф. Муравьев Г.Л.</b> ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ИМИТАТОРОВ СИСТЕМ СРЕДСТВАМИ PLUS.....	77
<b>Навресь И.И.</b> <b>Научный руководитель: профессор Хвещук В.И.</b> УЧЕТ ИТ-АКТИВОВ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	78
<b>Никонюк А.Н.</b> <b>Научный руководитель: профессор Муравьев Г.Л.</b> АЛГОРИТМЫ ПОСТРОЕНИЯ КАРКАСОВ СЕТЕВЫХ АРХИТЕКТУР ЗАДАННОЙ СЛОЖНОСТИ.....	81
<b>Никонюк А.Н.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.</b> РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЯ РАСШИРЕНИЯ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО НЕЛИНЕЙНОГО МАСШТАБИРОВАНИЯ В ОКОННОМ МЕНЕДЖЕРЕ COMPIZ.....	83
<b>Никонюк А.Н.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.</b> РЕАЛИЗАЦИЯ ФРЕЙМОВОГО МЕНЕДЖЕРА ОКОН С ФУНКЦИЯМИ НЕЛИНЕЙНОГО МАСШТАБИРОВАНИЯ.....	87
<b>Ноздрин-Плотницкий Н.Н.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н., доцент Поляков В.И.</b> МОДЕЛЬ РАДИОЛОКАТОРА КРУГОВОГО ОБЗОРА С АДАПТИВНОЙ СИСТЕМОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ПОМЕХ.....	91
<b>Сакович И.В.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.</b> ЦВЕТОДИФФЕРЕНЦИРОВАННАЯ ФОЛКСОНОМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА АГРЕГАЦИИ ДОКУМЕНТОВ.....	93
<b>Семенов Т.Ю., Склипус Д.Б.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.</b> ИНТЕГРАЦИЯ СРЕДСТВ БЫТОВОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО МОНИТОРИНГА В ДОМАШНЮЮ КОМПЬЮТЕРНУЮ СЕТЬ.....	96
<b>Согоян А.Л.</b> <b>Научный руководитель: профессор Муравьев Г.Л.</b> МОДУЛЬНЫЕ СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ МАСШТАБИРУЕМЫМИ САЙТАМИ.....	98
<b>Янковский С.Ч., Михняев А.Л.</b> <b>Научный руководитель: Шуть В.Н.</b> ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА.....	99
<b>Гречка А.В.</b> <b>Научный руководитель: д.т.н. Головкин В.А.</b> СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ РАСПИСАНИЯ ДЛЯ ОПЕРАТОРОВ ЦОВ.....	101

## ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

<b>Касьян Л.В.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н., доцент Горбунов В.П.</b> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ОСИ ШПИНДЕЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНО- ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ.....	108
---	-----

<b>Касьян Л.В.</b> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Горбунов В.П.</i> АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ КОНСОЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА .....	110
<b>Козлович К.А.</b> <i>Научный руководитель: доцент Прокопеня О.Н.</i> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ НА ДИНАМИКУ САР С ОБЪЕКТАМИ ПЕРВОГО И ВТОРОГО ПОРЯДКА .....	113
<b>Ксенда И.В.</b> <i>Научный руководитель: доцент Медведев О.А.</i> ПРОЕКТНЫЙ РАСЧЕТ УГЛОВЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ .....	116
<b>Левданский И.А.</b> <i>Научный руководитель: Левданский А.М.</i> ОБРАБОТКА РЕЗЦОМ С МЕХАНИЧЕСКИМ КРЕПЛЕНИЕМ СИНТЕТИЧЕСКОГО АЛМАЗА АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВО-КРЕМНИЕВЫХ СПЛАВОВ .....	120
<b>Пахмурный С.В., Зиновик М.С.</b> <i>Научный руководитель: доцент Прокопеня О.Н.</i> СИНТЕЗ ПРИВОДА РОБОТА МЕТОДОМ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛЮСОВ .....	123
<b>Стаскевич А.И.</b> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Монтик С.В.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ЗОНЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ .....	126
<b>Хэ Цзинь</b> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Горбунов В.П.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИИ ШПИНДЕЛЬНОГО УЗЛА ПО КРИТЕРИЮ МИНИМАЛЬНОЙ ПОДАТЛИВОСТИ .....	130
<b>Чирук В.А., Омелянюк О.В.</b> <i>Научный руководитель: ст. преподаватель Есаккин В.И.</i> УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ С КАНАЛАМИ .....	132
<b>Чирук В.А., Омелянюк О.В.</b> <i>Научный руководитель: ст. преподаватель Есаккин В.И.</i> УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОКЛАДКИ КАНАЛОВ В ГРУНТЕ .....	134

## ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

<b>Бондарь А.В.</b> <i>Научный руководитель: доцент, к.т.н. Семенюк С.М.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ СТЫКОВЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АМг-6 .....	138
<b>Буйко Е.М., Божик С.С.</b> <i>Научный руководитель: зав. кафедрой АПиР Власюк Н.Н.</i> УСАДЕБНОЕ ЗОДЧЕСТВО БЕРЕСТЕЙЩИНЫ .....	142
<b>Войтович К.Л., Евхутч В.В.</b> <i>Научный руководитель: Мордвилко В.И.</i> УСТРОЙСТВО ЗЕЛЕННЫХ КРЫШ .....	146
<b>Желудко А.А.</b> <i>Научный руководитель: ст. преподаватель Воробей А.В.</i> БРЕСТСКИЙ УКРЕПРАЙОН .....	150
<b>Жукова М.Н.</b> <i>Научный руководитель: ст. преподаватель Белоглазова О.П.</i> АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ КАПИТАЛЬНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ .....	153

<b>Замировский А.В.</b> <i>Научный руководитель: доцент Зуева Л.Ф.</i> ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ЦИФРОВОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ.....	158
<b>Изובה Е.А.</b> <i>Научный руководитель: ст. пр. каф. АПИР Мирончук Г.В.</i> АТРИУМЫ В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ.....	162
<b>Калита Р.О.</b> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Игнатюк В.И.</i> К РАСЧЕТУ БАЛОЧНЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА НЕПОДВИЖНЫЕ НАГРУЗКИ.....	166
<b>Калита Р.О.</b> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Игнатюк В.И.</i> УЧЕБНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА РАСЧЕТА БАЛОЧНЫХ СИСТЕМ НА НЕПОДВИЖНЫЕ НАГРУЗКИ.....	171
<b>Калита А.В.</b> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Жук В.В.</i> АНАЛИЗ РАСЧЕТА ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТРОПИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПО ОТЕЧЕСТВЕННЫМ НОРМАМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЕВРОКОДУ 5.....	174
<b>Климук Н.А.</b> <i>Научный руководитель: доцент Климук А.М.</i> ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ГРУНТОВ И ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ.....	180
<b>Климук Н.А.</b> <i>Научный руководитель: доцент Климук А.М.</i> ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ.....	181
<b>Ковальчук Д.В., Чальцева Т.В.</b> <i>Научный руководитель: кандидат архитектуры, доцент Власюк Н.Н.</i> АРХИТЕКТУРА СОВРЕМЕННЫХ КУРОРТНО-ТУРИСТСКИХ КОМПЛЕКСОВ.....	183
<b>Колодич Ю.В.</b> <i>Научный руководитель: к.т.н., профессор Малиновский В.Н.</i> РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ АРОЧНЫХ ПОДКРАНОВЫХ ФЕРМ В ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЯХ.....	187
<b>Лукша Р.Ю., Нуриев Ф.Д.</b> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Дерещук Е.М.</i> ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ ВЫБОРА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	191
<b>Матвееенко Н.В.</b> <i>Научный руководитель: ст. преподаватель Срывкина Л.Г.</i> АКТУАЛЬНОСТЬ КОНТРАКТОВ FIDIC В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ.....	194
<b>Матчан А.В., Савонь И.В.</b> <i>Научный руководитель: ст. преподаватель Воробей А.В.</i> БРЕСТСКИЙ КОНСТРУКТИВИЗМ.....	199
<b>Никитчик Т.А.</b> <i>Научный руководитель: доцент Ширяева Л.А.</i> БРЕСТСКИЙ СВЯТО-НИКОЛАЕВСКИЙ КАФЕДРАЛЬНЫЙ СОБОР В СЕРЕДИНЕ XVIII В. ШТРИХИ ИСТОРИИ И АРХИТЕКТУРЫ.....	201
<b>Рословец М.В., Сукач Е.М., Тарасевич Д.К.</b> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Филимонова Н.В.</i> ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ МОРОЗОСТОЙКОСТИ БЕТОНА.....	208

<b>Савощенко А.В.</b> <i>Научный руководитель: доцент Бранцевич В.П.</i> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ ПОВТОРЯЮЩЕЙСЯ НАГРУЗКИ НА ДЕФОРМАЦИИ И ШИРИНУ РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИН В ОБЫЧНЫХ И ПРЕДНАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛКАХ.....	210
<b>Седляр Ю.А.</b> <i>Научный руководитель: профессор, к.т.н. Черноиван В.Н.</i> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ НЕОШТУКАТУРЕННЫХ СТЕН НА ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ.....	215
<b>Семенюк О.С.</b> <i>Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.</i> К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В БЕСШАРНИРНЫХ КРУГОВЫХ АРКАХ, ЗАГРУЖЕННЫХ РАДИАЛЬНО НАПРАВЛЕННЫМИ РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ НАГРУЗКАМИ.....	220
<b>Скалкович Ю.С., Лысюк А.С.</b> <i>Научный руководитель: Лаппо М.Г.</i> ВОЗМОЖНОСТИ СТУДЕНЧЕСКОГО ЭСКИЗИРОВАНИЯ. НАБРОСОК КАК ВИД ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ АРХИТЕКТОРА.....	225
<b>Славицкая Д.А.</b> <i>Научный руководитель: доцент Фоменкова С.Ф.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МАЛЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ В БЛАГОУСТРОЙСТВЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ.....	228
<b>Шиколай С.П.</b> <i>Научный руководитель: Назурный С.Г.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ.....	232
<b>Шкулев С.Н., Шоломицкая А.М.</b> <i>Научные руководители: профессор Кондратчик А.А., доцент Кондратчик Н.И.</i> ПЕРЕРАБОТКА КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ БЛОКА ОГ-28 ПО С. 3.280-6 В СООТВЕТСТВИИ С ПОЛОЖЕНИЯМИ СНБ 5.03.01-02.....	236
<b>Щербачевич О.В.</b> <i>Научный руководитель: доцент Ширяева Л.А.</i> СТИЛЬ ЛОФТ И ЕГО ВОЗМОЖНОСТИ В РЕГЕНЕРАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	240

Научное издание

# СБОРНИК КОНКУРСНЫХ НАУЧНЫХ РАБОТ СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ

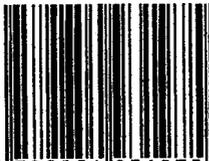
Ответственный за выпуск *Сидоревич Н.М.*

Редактор *Строкач Т.В.*

Компьютерная вёрстка *Романюк И.Н.*

Корректор *Никитчик Е.В.*

ISBN 978-985-493-197-5



9 789854 931975

Издательство БрГТУ.

Лицензия № 02330/0549435 от 08.04.2009 г.

Подписано к печати 21.06.2011 г. Формат 60×84 1/16.

Бумага «Снегурочка». Гарнитура «Arial Narrow».

Усл. п. л. 14,5. Уч.-изд. л. 15,6.

Тираж 75 экз. Заказ № 606.

Отпечатано на ризографе Учреждения образования  
«Брестский государственный технический университет»  
224017, Брест, ул. Московская, 267