

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**СБОРНИК КОНКУРСНЫХ  
НАУЧНЫХ РАБОТ  
СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ**

**Часть I**

**Брест 2017**

УДК 624;628;+338:339

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

**Рецензент:** к.т.н., профессор, зав. кафедрой ГиТК П.В. Шведовский

В сборнике представлены статьи по проблемам строительства и архитектуры, водохозяйственного строительства, информационных систем и машиностроения, отражающие результаты научных исследований и представленные на Республиканский конкурс научных работ студентов и магистрантов вузов Республики Беларусь.

Издаётся в 2 частях. Часть 1.

ISBN 978-985-493-401-3 (ч.1)

ISBN 978-985-493-400-6

**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.  
зам. главного редактора: к.э.н., доцент В.С.Кивачук

**Члены редколлегии:** к.т.н., доцент Кандыбо С.Н.  
к.т.н., доцент Монтик С.В.  
к.т.н., доцент Шешко Н.Н.  
ст. преподаватель Войцехович Л.Ю.  
ст. преподаватель Хомицкая Т.Г.

УДК 624;628;+338:339

ISBN 978-985-493-401-3 (ч.1)

ISBN 978-985-493-400-6

© Издательство БрГТУ, 2017

**ПРОБЛЕМЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
СТРОИТЕЛЬСТВА И ОХРАНЫ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

## **СОДЕРЖАНИЕ ЖЕЛЕЗА В ВОДЕ РЕКИ ПРИПЯТЬ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Объектом исследования является река Припять, представляющая собой среду жизни для многих представителей флоры и фауны, а вода данной реки используется для различных нужд экономики, на хозяйственно-питьевое водоснабжение, производственные нужды, гидроэнергетику, судоходство, рекреацию, рыбно-прудовое хозяйство, орошение и др.

Река Припять имеет достаточно высокую антропогенную нагрузку и является водоприемником очищенных сточных вод, поступающих со всего водосбора. Самыми крупными населёнными пунктами, расположенными на реке Припять, являются город Мозырь, а также Пинск, стоящий при впадении реки Пины в Припять. В городе Пинске размещается станция очистки воды на левом берегу Припяти, куда осуществляется выпуск очищенных сточных вод.

Документами, регулирующими сброс производственных сточных вод, являются следующие:

— предельно-допустимые концентрации загрязняющих веществ в сточных водах предприятий и организаций на выпуске их в городскую канализационную сеть города Пинска / Решение Пинского городского исполнительного комитета от 10.07.2009 № 781.

— расчет допустимых концентраций загрязняющих веществ в сточных водах промышленных предприятий и организаций города Пинска, сбрасываемых в коммунальную хозяйственно-фекальную канализацию г. Пинска / ООО «ТехноПроектИнвест», 2009 г.

Каждое промышленное предприятие имеет контракт с КПУП «Пинскводоканал», который включает ПДК загрязняющих веществ в соответствии с указанными документами. При объемах сбросов более 50 м<sup>3</sup>/сут, системы водоотведения предприятия должны оборудоваться приборами учета отводимых сточных вод. В случае, если счетчики не установлены, для учета отводимых сточных вод объем водоснабжения принимается равным объему водоотведения.

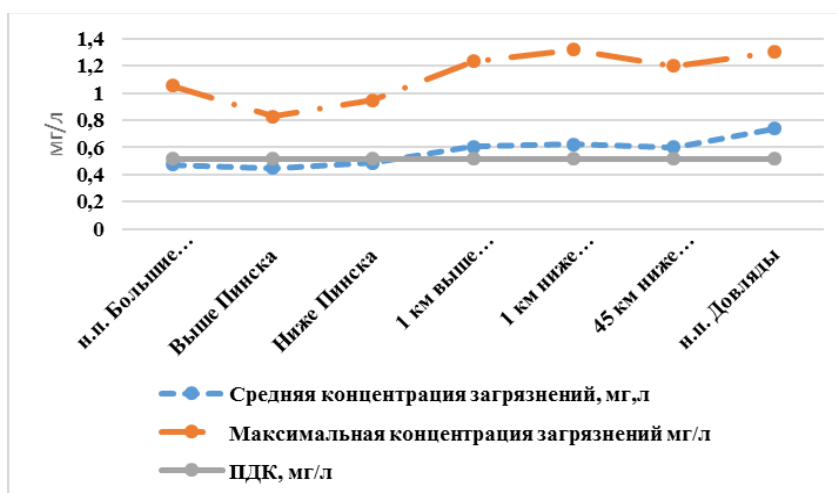
Все промышленные предприятия, даже те, которые имеют собственные источники водоснабжения, имеют счетчики воды, в соответствии с требованиями Водного кодекса [1]. Расчеты промышленных предприятий и, в случае их изменения, требования к составу производственных сточных вод, поступающих в сети городской канализации, пересматриваются.

Анализ материалов КПУП «Пинскводоканал» показал, что значимым элементом антропогенной нагрузки на природные воды Припяти является железо общее, один из самых распространённых природных элементов, он всегда встречается в воде.

Главными источниками поступления железа в природные воды являются процессы химического выветривания и растворения горных пород. Значительное количество железа поступает с подземным стоком и со сточными водами предприятий металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной промышленности и с сельскохозяйственными стоками. В питьевой воде железо может присутствовать также вследствие использования на станциях очистки воды железосодержащих коагулянтов, которые применяют для осветления поступающей воды, либо из-за коррозии водопроводных труб.

По данному веществу нормируется ПДК для питьевых вод [2], поверхностных вод [3], очищенной воды и сточных вод, поступающих от предприятий. Содержание железа в питьевой воде не должно превышать  $0,3 \text{ мг/дм}^3$ . Уже при концентрациях железа выше  $0,3 \text{ мг/дм}^3$  такая вода способна вызвать появление ржавых потеков на сантехнике и пятен на белье при стирке. При содержании железа выше  $1 \text{ мг/дм}^3$  вода становится мутной, окрашивается в желто-бурый цвет, у нее ощущается характерный металлический привкус. Все это делает такую воду практически неприемлемой как для технического, так и для питьевого применения. Необходимо отметить, что в небольших количествах железо требуется для организма человека — оно входит в состав гемоглобина и придает крови красный цвет. Однако слишком большие концентрации железа в воде для человека вредны. При избыточном поступлении извне железо может накапливаться в организме. Люди с повышенным содержанием железа страдают от физической слабости, теряют вес и чаще болеют [4]. Предельная допустимая концентрация железа в воде  $0,3 \text{ мг/л}$  согласно СанПиН 10–124 РБ 99 «Питьевая вода. «Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. Контроль качества» [2]. ПДК очищенной воды в пределах  $1 \text{ мг/л}$ , поскольку на водоочистных сооружениях применяются фильтры для очистки воды, которые содержат железо. В поверхностных водах происходит разбавление железа, поэтому ПДК для поверхностных вод не должна превышать  $0,515 \text{ мг/л}$ . Также, соединения железа вредны для рыб вследствие образования на жабрах гидроокиси железа в виде бурого налета, что приводит к разрушению жаберного аппарата и удушью рыб. Карп при концентрации железа  $40 \text{ мг/л}$  погибает через несколько часов, при  $30 \text{ мг/л}$  живет несколько дней; форель при концентрации железа  $20 \text{ мг/л}$  погибает в течение 24 часов. Установлено, что концентрация железа в воде  $1,4 \text{ мг/л}$  вызывает постепенное осаждение гидроокиси железа на жаберных лепестках, удушье и смерть большинства рыб. В этой связи, ПДК железа общего для рыбохозяйственных водных объектов составляет  $0,1 \text{ мг/л}$  [5].

За многолетний период 2003–2015 гг. выполнено осреднение концентраций железа в воде Припяти по 7 створам. Данные створы на рисунке 1 показаны последовательно от истока к устью, таким образом можно проследить динамику загрязнения железом по длине реки. Как видно из рисунка 1, средние из максимальных концентраций железа превышают ПДК по всем створам с наибольшей амплитудой роста ниже Пинска. Средние концентрации железа имеют плавный рост с превышением ПДК ниже отмеченного пункта.

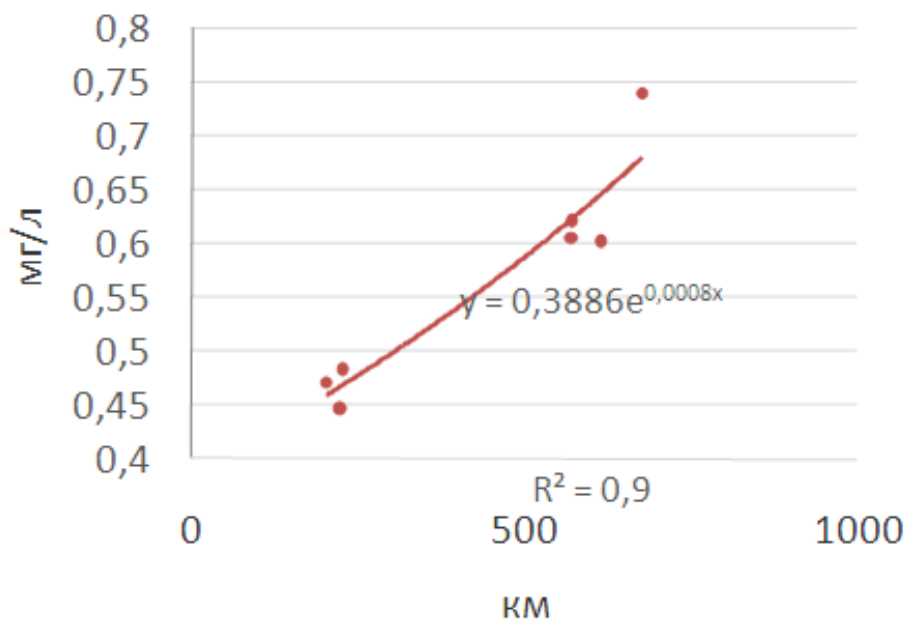


**Рисунок 1** – Концентрации загрязнения железом по створам гидрохимических наблюдений

Предприятия Пинска не превышают допустимые концентрации железа для сточных вод — 3 мг/л, однако можно выделить предприятия, имеющие железосодержащие сточные воды: СООО «Эксайд Технолоджиз»; ЧПУП «Пинский коопром»; ОАО «Пинский мясокомбинат»; ОАО Пинский комбинат хлебопродуктов» и др.

Ещё одной из причин высокого содержания железа в воде является связь поверхностных вод с подземными водами Полесья, которые имеют концентрацию железа в пределах от 0,5 до 50 мг/л.

Установлена связь содержания железа в воде реки Припять в зависимости от площади водосбора / длины реки (рис. 2).



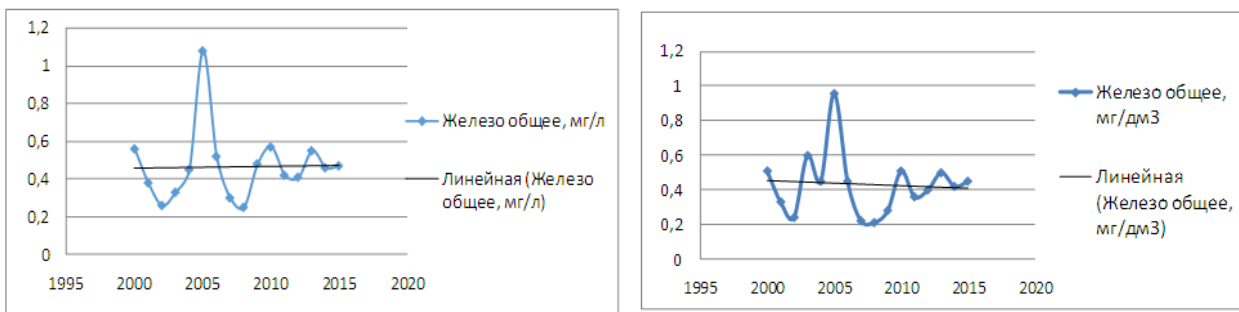
**Рисунок 2** – Концентрация железа общего в зависимости от длины реки

Динамика концентраций железа по годам за период 2003–2015 гг. для створов выше и ниже города Пинска (рис. 3) показывает синхронность их колебания, что предполагает поиск связей загрязнения природных вод не только под воздействием антропогенных факторов, а и с учетом естественных причин, природного происхождения. К таким причинам следует отнести колебание речного стока и термического режима, которые в совокупности со сбросами сточных вод и концентрациями загрязнителей дают итоговое содержание железа общего в русловых водах Припяти.

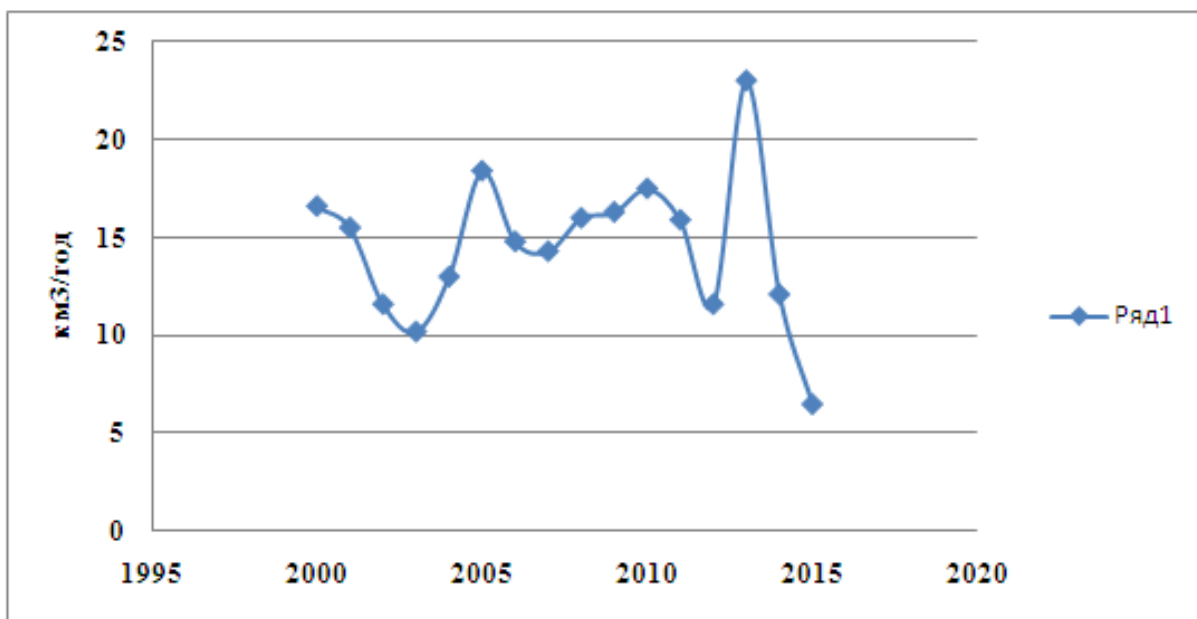
На рисунке 4 представлен общий речной сток Припяти (км<sup>3</sup>/год).

Рисунки 3, 4 показывают практически синхронное колебание речного стока и загрязнений общим железом реки Припять, что расширяет возможности более углубленного использования достижений современной гидрологии при изучении гидрохимии воды.

В заключение необходимо отметить, что река Припять является уникальной во всех отношениях, так называемой «жемчужиной Полесья», и от качества ее природных вод зависит экологическая стабильность и устойчивость региона. Основная задача ученых и практиков осуществлять систематический контроль и анализ ее гидрохимических показателей для своевременного реагирования на возможные проблемы.



а) 1 км выше г. Пинска; б) 3,5 км ниже г. Пинска  
**Рисунок 3 – Средние концентрации загрязнений железом общим**



**Рисунок 4 – Речной сток Припяти общин**

#### Список цитированных источников

1. Водный кодекс Республики Беларусь от 15 июля 1998 г. № 191-З.
2. Санитарные правила и нормы: Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества – СанПиН 10-124 РБ 99. – 1999. – 47 с.
3. Технический кодекс установившейся практики - ТКП 17.06-08-2012 (02120). – Введ. 01.01.2013. Минск. – Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 2013. – 69 с.
4. Бондарева, Д.Г. Избыточное содержание железа в питьевых водах ЕАО как результат воздействия природных и антропогенных факторов / Д.Г. Бондарева. – Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. – № 2(11) 2012. – С. 5–11.
5. Нормирования и качества воды рыбохозяйственных водных объектов. – Введ 08.05.2007. Минск. – Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 2007.

УДК 551.5(476)

*Бурбиль М.О., Чиж Д.В.*

*Научные руководители: доц. Мешик О.П., доц. Шпока И.Н.*

## ГОЛОЛЁДНО-ИЗМОРОЗЕВЫЕ ЯВЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

**Введение.** Нередко гололёдно-изморозевые явления становятся причиной чрезвычайной ситуации, особенно в холодное время года. Так, в Беларуси 15 ноября 2003 г. отмечались туманы и выпадали морозящие осадки, ночные температуры понижались от  $-3$  до  $-8^{\circ}\text{C}$ , которые привели к отложению изморози. Величина отложений 15.11.2003 г. достигла местами 17-25 мм, на метеостанции Новогрудок — 34 мм. В отдельных районах Гродненской области сложные гололедно-изморозевые явления имели значения опасного явления: на метеостанции Новогрудок — 39 мм, в Ошмянском районе — 95 мм. В результате этих сложных отложений наблюдался обрыв линий электропередач 330 кВ Вильнюс—Молодечно [1].

**Материалы и методы исследования.** Основой для данной работы послужили данные ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» за период 1975-2015 гг. по 44 метеорологическим станциям Беларуси. Временные ряды количества дней в году с гололедно-изморозевыми явлениями исследовались с помощью стандартных статистических методов. Для оценки влияния потепления климата 40-летний период наблюдений был разбит на 3 периода: 1975-1987 гг., 1988-1999 гг., 2000-2015 гг. Это связано с тем, что с 1988 г. на территории Беларуси наблюдается потепление климата, особенно в холодное время года, а средняя годовая температура воздуха была на  $2,0-3,0^{\circ}\text{C}$  выше средних многолетних температур. С 2000-х годов XXI в., также отмечается рост температуры воздуха. Самыми теплыми с 2000-х гг. являются 2000, 2007, 2012 и 2015 гг. Средняя температура воздуха за 2015 г. составила  $+8,5^{\circ}\text{C}$ , что на  $2,7^{\circ}\text{C}$  выше климатической нормы. За зимний сезон 2014-2015 гг. составила  $-1,5^{\circ}\text{C}$ , что выше климатической нормы на  $4,0^{\circ}\text{C}$ .

**Целью** нашей работы является установление особенностей пространственно-временного распределения гололёдно-изморозевых явлений на территории Беларуси в современных условиях.

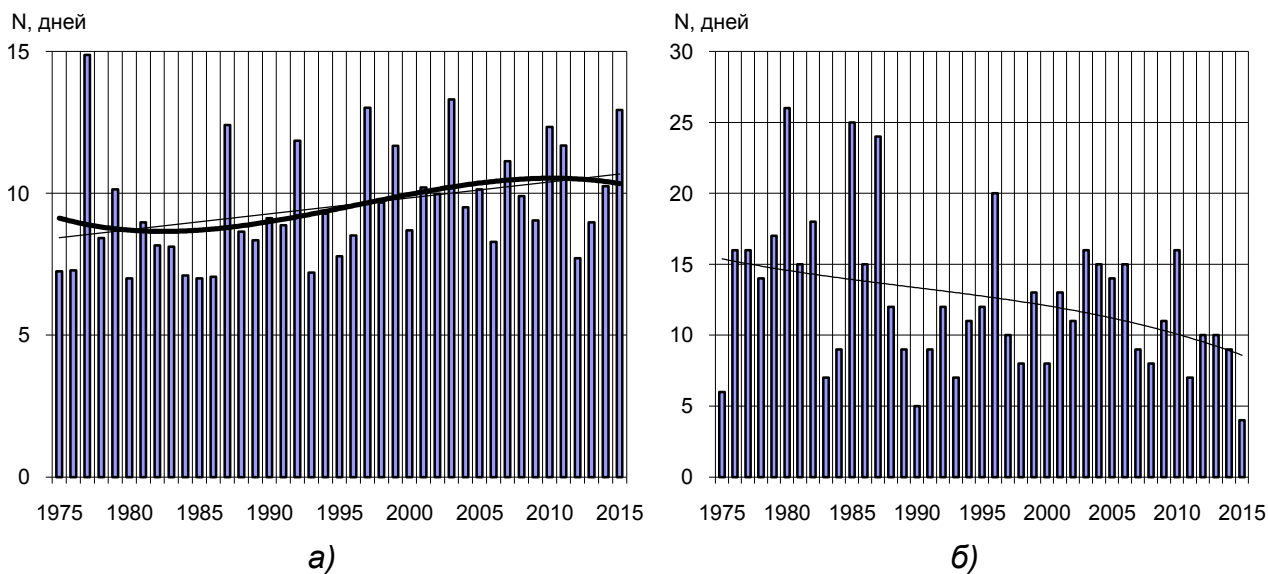
**Обсуждение результатов.** Проведен анализ временных изменений гололёдно-изморозевых явлений. Гололёд — слой плотного льда, образующийся на земной поверхности и на предметах при намерзании переохлажденных капель дождя и тумана [2].

Изморозь — отложения льда на ветвях деревьев, провода и т. п. при тумане в результате сублимации водяного пара — кристаллическая изморозь, а также намерзания капель переохлажденного тумана — зернистая [2]. В отличие от гололедных отложений, образование изморози происходит, как правило, при антициклоническом режиме погоды. Гололёдно-изморозевые отложения отмечаются в холодное время года. Наиболее благоприятные условия для их образования создаются с октября (местами с сентября) по апрель (иногда май).

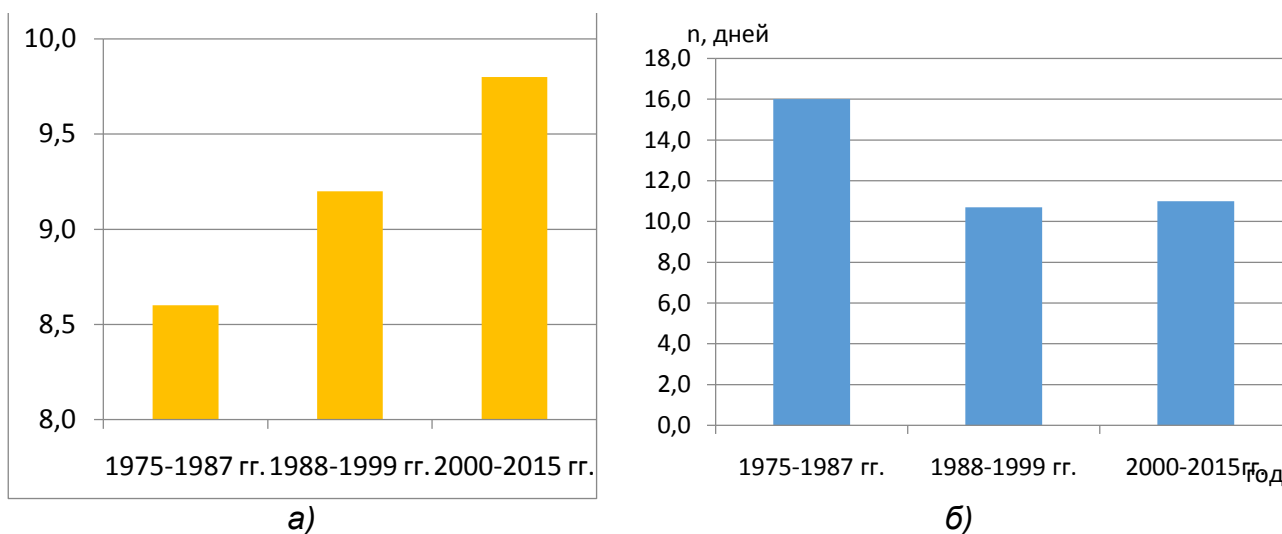
Установлено, что на территории Беларуси отмечается около 10 дней с гололёдом и около 12 дней с изморозью (рис. 1). Количество дней с изморозью уменьшается. Это можно связать с тем, что изморозь формируется при температуре  $-10^{\circ}\text{C}$ , а так как в последние годы наблюдается потепление климата то данное атмосферное явление не формируется.



За 40-летний период исследований наблюдается незначительный рост числа дней с гололёдом. Если в 1975-1987 гг. отмечалось около 8,8 дней с гололёдом, в 1988-1999 гг. -9,5, то в 2000-2015 гг. — около 10 дней с гололёдом.



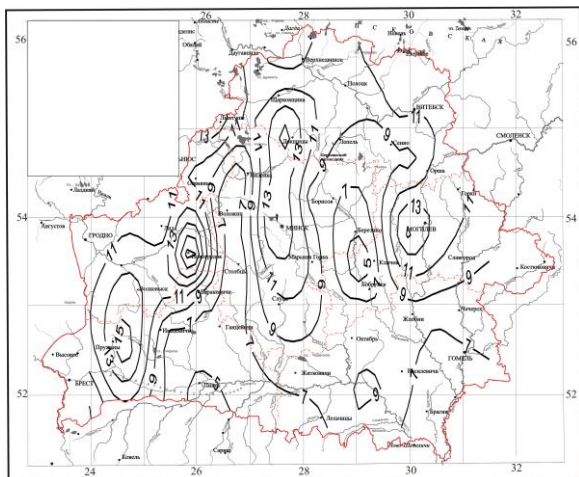
а) с гололёдом, б) с изморозью  
**Рисунок 1 – Среднегодовое количество дней**



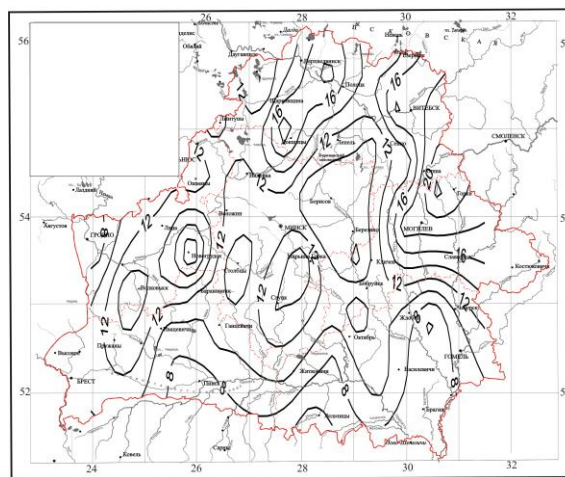
**Рисунок 2 – Среднегодовое количество дней с: а) гололедом, б) изморозью**

За 40 летний период наблюдается уменьшение данного явления. Если в 1975-1987 гг. отмечалось около 15,2 дней с изморозью, в 1988-1999 гг. — 9,1, то в 2000-2015 гг. — около 9,8 дней с изморозью. В период с 1988 по 1999 год наблюдалось наименьшее количество дней с изморозью, это связано с тем что данный период является началом современного потепления.

Проведен пространственный анализ гололёдно-изморозевых явлений на территории Беларуси за 1975–2015 гг. Гололёд чаще всего наблюдается на востоке Гродненской области, в центральной части Минской области и на юге Витебской области. Изморозь чаще отмечается на северо-востоке Беларуси в районе Оршанско-Могилёвской равнины, Оршанской возвышенности, реже — на юго-востоке и западе (рис. 3).



а)



б)

а) среднее годовое число дней с гололёдом,  
 б) среднее годовое число дней с изморозью

**Рисунок 3** – Пространственное распределение явлений на территории Беларуси

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Количество дней с гололёдом увеличивается.
2. Количество дней с изморозью уменьшается.
3. На формирование гололедно-изморозевых отложений определенное влияние оказывают населённые пункты.

#### **Список цитированных источников**

1. Технический обзор стихийных (особо опасных) гидрометеорологических явлений, наблюдавшихся на территории Белоруссии в 1987 году / Гос. комитет СССР по гидрометеорологии. Бел. республ. управлен. по гидрометеорол. Гидрометеорол. центр; ред. В.А. Аввакумов. – Минск, 1986. – 30 с.
2. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование опасных метеорологических явлений в процессе. Общие требования = Бяспека ў надзвычайных сітуацыях. Маніторынг і прагназіраванне небяспечных метэа-радагiчных з'яваў і працэсаў. Агульныя патрабаванні ; СТБ 1406–2003 (ГОСТ Р 22.1.07–99, MOD). – Введ. 01.01.04. – Минск : Госстандарт ; Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2003. – 19 с.

УДК 628.1(09)

**Гилёва А.С.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Акулич Т.И.**

## **РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ**

Целью настоящей работы является описание предпосылок возникновения и этапов становления различных методов очистки питьевой воды, прослеживание динамики совершенствования технологий очистки воды, обобщение знаний о методах и технологиях, применяемых для очистки питьевой воды, а также сооружениях и оборудовании, в которых эти методы реализуются.

**Введение.** Вода жизненно необходима. Она нужна везде — в быту, сельском хозяйстве и промышленности. Вода необходима организму в большей степени, чем всё остальное, за исключением кислорода.

Вода, которую мы потребляем, должна быть чистой. Чистота питьевой воды — гарантия здоровья человека. Исследования показывают, что 80% заболеваний, которыми страдают люди, вызваны низким качеством употребляемой воды. Бо-

лезни, передаваемые через загрязненную воду, вызывают ухудшение состояния здоровья, инвалидность и гибель огромного числа людей, особенно детей, преимущественно в менее развитых странах, обычным для которых является низкий уровень личной и коммунальной гигиены.

**Питьевая вода и её влияние на организм человека.** Вода может оказывать на здоровье людей не только положительное, но и отрицательное влияние. Это было отмечено еще в глубокой древности, но сейчас в связи с ухудшением экологической ситуации проблема, связанная с качеством воды, стала наиболее актуальной.

В настоящее время вода давно уже не является просто водой. Подчас в ней растворены чуть ли не все элементы периодической таблицы Менделеева. Разумеется, употребление такой воды влечет за собой множество разнообразных проблем. Достигая определенной концентрации в организме, большинство элементов начинают свое губительное воздействие, вызывая отравления и мутации. Кроме того, что сами они отравляют организм человека, они еще и чисто механически засоряют его. Соответственно, это приводит к накоплению токсинов и продуктов жизнедеятельности клеток нашего организма, самоинтоксикации. В целом употребление воды, содержащей вредные примеси, сокращает потенциальный срок жизни человека на 20–25 лет.

Качество употребляемой воды характеризуется ее органолептическими свойствами, определяемыми цветом, вкусом и запахом, а также химическим и бактериальным составом. В настоящее время в Республике Беларусь качество питьевой воды регулируется требованиями СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [1].

В настоящее время единственный гарантированный способ получения питьевой воды высокого качества заключается в применении комплекса современных методов очистки, построенных на основании точной информации о качестве и составе очищаемой воды.

**Эволюция методов очистки питьевой воды.** Самые ранние упоминания об



**Рисунок 1** - Устройство для осаждения осадка с сифонами. Древнеегипетский рисунок (между XIII–XV веками до н. э.).

очистке воды найдены в древнеегипетских медицинских рукописях на санскрите и древнеегипетских настенных надписях (рис. 1). В рукописях (2000 г. до н. э.), рассказывается, как очистить грязную воду с помощью кипячения в медном сосуде, выдерживания на солнце, фильтрования древесным углем и охлаждения в глиняном кувшине.

Великий древнегреческий врач Гиппократ (460–370 г. до н. э.) проводил собственные эксперименты в области водоочистки. Он изобрел «рукав Гиппократа» для фильтрования воды. Однако он ошибочно полагал, что хороший вкус воды означает ее чистоту.

Учитывая дефицит пресной воды, люди с древних времен научились получать пресную воду из морской (соленой) воды путем её нагрева и сбора конденсирующегося пара.

Особое значение для человечества имело открытие и внедрение способов обеззараживания питьевой воды. Целебные свойства, которые приобретает вода после контакта с металлическим серебром, были известны еще в глубокой древности.

Самые старые известные археологические примеры фильтрации воды были найдены в Венеции и ее колониях. Дождевая вода стекала с крыш зданий вниз, на улицы, собиралась в каменных бассейнах и затем просачивалась через песок в цистерны, обычно глубиной 3–4 метра. Такие цистерны просуществовали и продолжали снабжать Венецию водой до шестнадцатого столетия!

В средние века, между V и XVI веками, водообработка практически не совершенствовалась. Например, английский естествоиспытатель Френсис Бэкон (1561–1626) отмечал, что из всех научных исследований за целое тысячелетие только десять было так или иначе связано с очисткой воды!

В конце XVII века произошли открытия, которые сыграли важную роль в дальнейшем развитии водоподготовки. Голландский исследователь Антони ван Левенгук (1632–1723) изобрел микроскоп и, впервые в истории, в 1674 году исследовал с помощью своего микроскопа микробов. Это было одно из самых великих конструктивных открытий в истории человечества.

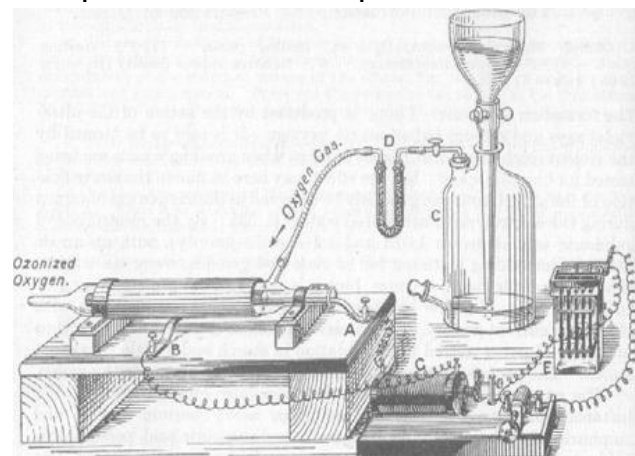
В 1685 году итальянский врач Лукантонио Порцио (1639–1728) разработал первый многоступенчатый фильтр. В фильтре Порцио использовался принцип простого отложения осадка и фильтрования воды через песок. Сам фильтр содержал два отделения (одно с нисходящим потоком, другое — с восходящим).

Первая очистная станция, способная обеспечить водой целый город, была сооружена в городе Пейсли (Шотландии) в 1804 г. Джоном Гиббом. В 1806 году большая станция водоподготовки начала работать в Париже.

В 1870-х доктор Роберт Кох и доктор Джозеф Листер продемонстрировали, что микроорганизмы, существующие в воде, могут являться возбудителями многих болезней (например, тифа и холеры).

Однако применявшиеся в то время методы фильтрации и отстаивания были не способны удалять из воды такие микроорганизмы. Единственным путем для решения такой проблемы является обеззараживание — уничтожение патогенных вирусов и бактерий, существующих в воде.

Одним из методов обеззараживания является озонирование воды.



**Рисунок 2** - Озонатор Сименс, 1857 г.

Впервые аппараты для добывания озона были построены в 1857 г. фирмой Сименса и Гальске. Озонатор 1857 г. (рис. 2) состоял из трубчатых газоприемников, наполняемых предварительно высушенным атмосферным воздухом, кислород которого частью превращается в озон под действием токов высокого напряжения.

На рубеже XIX–XX веков появился другой, более простой и дешевый способ дезинфекции воды — хлорирование. Первые опыты по применению газообразного хлора были осуществлены в 1917 г. на Петроградской водопроводной станции. Широкое распространение в России (в СССР) хлорирование газообразным хлором получило в 1928–1930 гг. с появлением хлораторов отечественного производства. В конце XIX в. русский ученый А. Н. Маклаков установил бактерицидное действие УФ-лучей с длиной волны 200–295 нм. (макс. эффект — длина волны 260 нм). Все виды бактерий гибнут через несколько минут после облучения.

Существенные усовершенствования в водоподготовке, произошедшие в последней четверти XIX столетия, заключались прежде всего в использовании скорых песчаных фильтров, улучшенных медленных фильтров, а также первого применения хлора и озона для дезинфекции. На повороте столетия хлорирование стало самым популярным методом, в частности, в США и именно благодаря этому количество случаев дизентерии, тифа и холеры резко снизилось.

В течение первых двух десятилетий XX века изучался процесс воздушной флотации, мембранные фильтры, флокуляционное осаждение и осветление во взвешенном слое.

В настоящее время все большее внимание уделяется поиску перспективных, новых, более компактных, дешевых, простых в эксплуатации методов очистки воды. К числу таких методов подготовки питьевой воды относятся мембранные методы: ультрафильтрация и нанофильтрация. Различия в методах состоят в уровне очистки воды.

Ультрафильтрационные мембраны, имеющие размеры пор от 0,002 до 0,1 мкм, могут задерживать высокомолекулярные органические вещества (гуминовые и фульвокислоты), взвешенные и коллоидные вещества (например, коллоиды гидроокиси железа), бактерии и вирусы. Нанофильтрационные (или обратноосмотические) мембраны, имеющие размер пор, соизмеримый с размерами молекул воды, эффективно снижают содержание растворенных в воде органических и неорганических веществ: ионов жесткости, железа, стронция, фторидов, тяжелых металлов, хлорорганических веществ.

В мировой практике накоплен опыт разработки и применения различных технологий улучшения качества воды, подаваемой в водопроводную сеть. Однако в настоящее время все большее предпочтение отдается мембранным методам с большой надеждой на будущее ввиду невысокой стоимости, компактности, простоты обслуживания.

**Заключение.** На основании проведенного поиска, систематизации и обобщения полученной информации представлена эволюция методов очистки питьевой воды, позволяющая проследить динамику совершенствования данных методов, выявить закономерности развития технологий очистки. Таким образом, одним из важных факторов развития технологий очистки воды является отношение человечества к проблемам загрязнения окружающей среды и сохранения здоровья человека и связано с совершенствованием научных подходов и направлений, характерных для данных исторических этапов развития цивилизаций.

#### **Список цитированных источников**

1. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: СанПиН 10-124 РБ 99 / Минздрав РБ. - Минск, 1999.

УДК 621.311.25

*Глинская Т.Ю., Ольховик И.Б.*

*Научный руководитель: м.т.н., ст. преподаватель Янчилин П.Ф.*

### **ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ОБРАБОТКИ ВОЗДУХА В ЦЕНТРАЛЬНОМ ПРОМЫШЛЕННОМ КОНДИЦИОНЕРЕ В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД**

Основной задачей специалистов в области вентиляции, кондиционирования и охраны воздушного бассейна является создание в помещениях различного назначения такого микроклимата, при котором обеспечиваются благоприятные условия для выполнения работ и нормальной деятельности человека. Необходимые для человека и технологических процессов условия внутренней среды на производст-

ве, в жилых и общественных зданиях обеспечиваются с помощью систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Эффективность работы таких систем, их технико-экономические характеристики во многом зависят от принятых схем.

При построении процессов на  $I-d$ -диаграмме и выборе технологической схемы обработки воздуха необходимо стремиться к рациональному использованию энергии, обеспечивая экономное расходование холода, теплоты, электроэнергии, а также экономию строительной площадки, занимаемой оборудованием. С этой целью необходимо проанализировать возможность применения прямого и косвенного испарительного охлаждения воздуха, применять схемы с регенерацией теплоты удаляемого воздуха, при необходимости использовать первую и вторую рециркуляцию воздуха, схемы с байпасом, а также управляемые процессы. Вопрос выбора принципиальной схемы обработки воздуха может быть решен в ходе построения на  $I-d$ -диаграмме процессов обработки воздуха в кондиционере.

Схемы процессов изменения состояния воздуха в помещении, а при кондиционировании — и при его обработке в приточной установке должны быть представлены на  $I-d$ -диаграмме с учетом избытков *полной теплоты и влаговыделений* в помещении для всех расчетных периодов года.

Параметры воздуха представлены характерными точками процессов:

- точка Н – параметры наружного воздуха;
- точка П – параметры приточного воздуха;
- точка В – параметры воздуха в обслуживаемой зоне помещения;
- точка У – параметры уходящего воздуха.

Возможно несколько схем обработки воздуха при использовании искусственных источников тепла для обработки наружного воздуха: прямоточная, в том числе с управляемыми процессами; с рекуператором; с одной или двумя рециркуляциями.

**Холодный период года.** В торговых местах г. Могилёва для поддержания оптимальных параметров микроклимата используется система кондиционирования воздуха (СКВ).

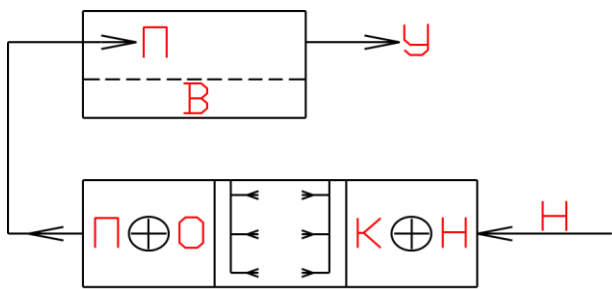
Расчетные параметры наружного воздуха для СКВ следует принимать по Приложению Е, в соответствии с п. 5.14 СНБ 4.02.01-03. Для холодного периода принимаем параметры Б, т. к. приняли СКВ 3в-го класса.

Построение всех процессов начинаем с нанесения на  $I-d$ -диаграмму точек Н и В, характеризующих состояние наружного ( $t_H = -24$  °С и  $I_H = -23,2$  кДж/кг) и внутреннего воздуха ( $t_B = 18$  °С и  $\varphi_B = 30\%$ ) для расчетных условий.

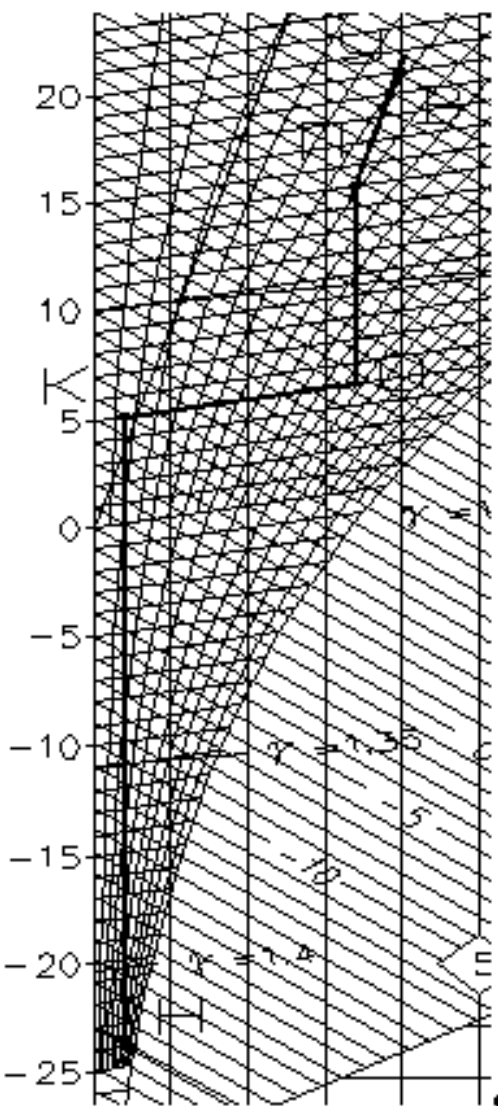
Путем параллельного переноса накладываем процесс изменения состояния воздуха в помещении  $\varepsilon_T = 11429,9$  кДж/кг на точку В и определяем на этой линии положение точек, характеризующих состояние приточного и удаляемого воздуха: точку П (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы  $t_P = 14$  °С) и точку У (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы  $t_Y = 19$  °С).

Принимаем, что нагрев воздуха в вентиляторе не происходит, а путевые изменения его температуры в воздуховодах незначительны.

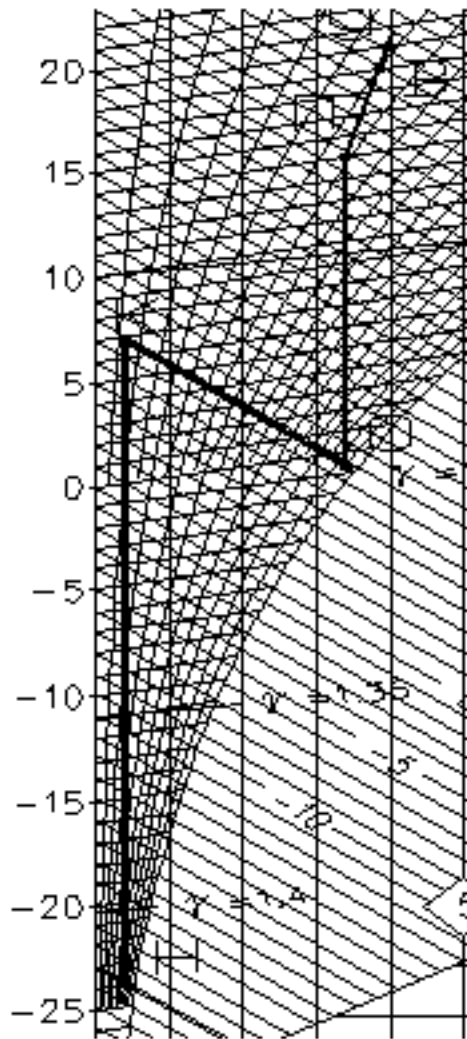
**Прямоточный процесс обработки воздуха в холодный период года с первым и вторым подогревом и камерой орошения (рис. 1 и 2).** На диаграмме линия НК характеризует нагрев воздуха при первом подогреве далее происходит адиабатное увлажнение воздуха в камере орошения, его характеризует линия КО, после происходит процесс нагревания воздуха в воздухоподогревателе второго подогрева — линия ОП. Линия ПВ характеризует изменение состояния воздуха в помещении.



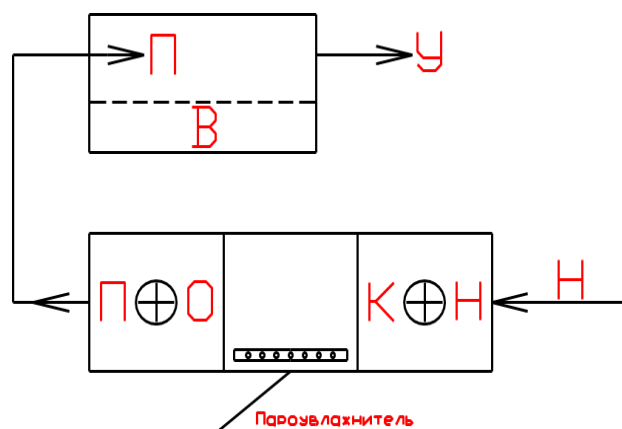
**Рисунок 1** – Принципиальная схема установки



**Рисунок 3** – Прямоточный процесс обработки воздуха в холодный период года с первым и вторым подогревом и паровым увлажнением



**Рисунок 2** – Прямоточный процесс обработки воздуха в холодный период года с первым и вторым подогревом и камерой орошения



**Рисунок 4** – Принципиальная схема установки

**Прямоточный процесс обработки воздуха в холодный период года с первым и вторым подогревом и паровым увлажнением (рис. 3 и 4).** На диаграмме линия НК характеризует нагрев воздуха при первом подогреве, далее происходит адиабатное увлажнение воздуха в камере орошения, его характеризует линия КО, после происходит процесс нагревания воздуха в воздухоподогревателе второго подогрева — линия ОП. Линия ПВ характеризует изменение состояния воздуха в помещении.

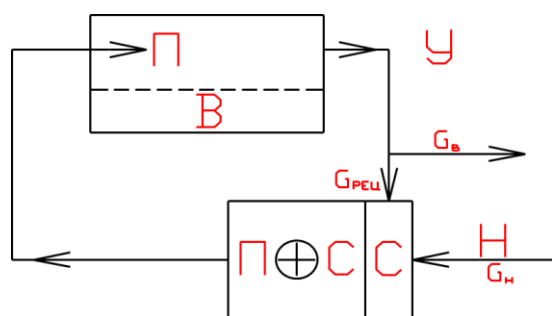
**Процесс обработки воздуха в холодный период с первой рециркуляцией и вторым подогревом (рис. 5 и 6).** Процесс обработки воздуха с первой рециркуляцией характеризуется тем, что подмешивать можно только определенное количество воздуха в наружный. Определили, что количество рециркуляционного воздуха, участвующего в процессе, превышает максимально допустимое.

Линия НУ является линией смеси рециркуляционного и наружного воздуха. На линии НУ отмечаем точку С — точку смешения воздуха. Точка С делит отрезок НУ на отрезки, длина которых обратно пропорциональна количеству воздуха в смеси. Линия СП характеризует процесс нагревания воздуха в воздухоподогревателе второго подогрева. Линия ПВ — изменение состояния воздуха в помещении.

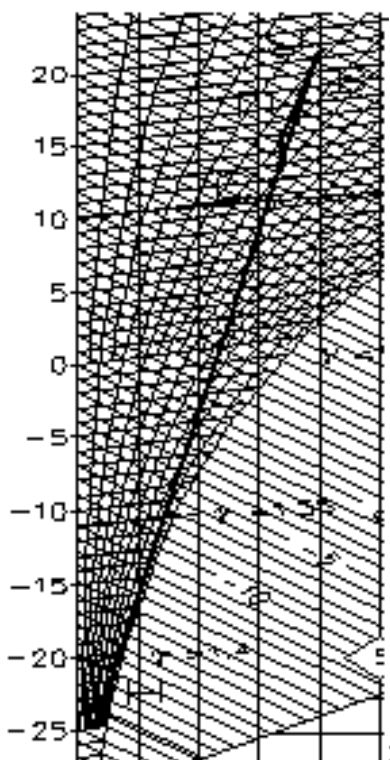
**Процесс обработки воздуха в холодный период с ротационным рекуператором и рециркуляцией (рис. 7 и 8).** Линия НК характеризует процесс изменения состояния воздуха в рекуператоре, где нагревается воздух за счет отбора тепла у воздуха, уходящего из помещения без смешивания его с наружным. Точка К характеризует состояние воздуха на выходе из рекуператора.

Линия КУ является линией смеси рециркуляционного и наружного воздуха. На линии КУ отмечаем точку С — точку смешения воздуха (точка С делит отрезок КУ на отрезки, длина которых обратно пропорциональна количеству воздуха в смеси), следовательно, линия КС характеризует процесс смешения воздуха в камере смешения.

Линия ПВ — изменение состояния воздуха в помещении.

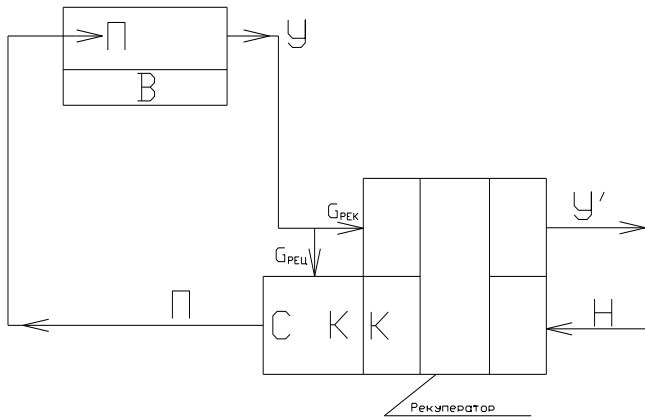


**Рисунок 5** – Принципиальная схема установки

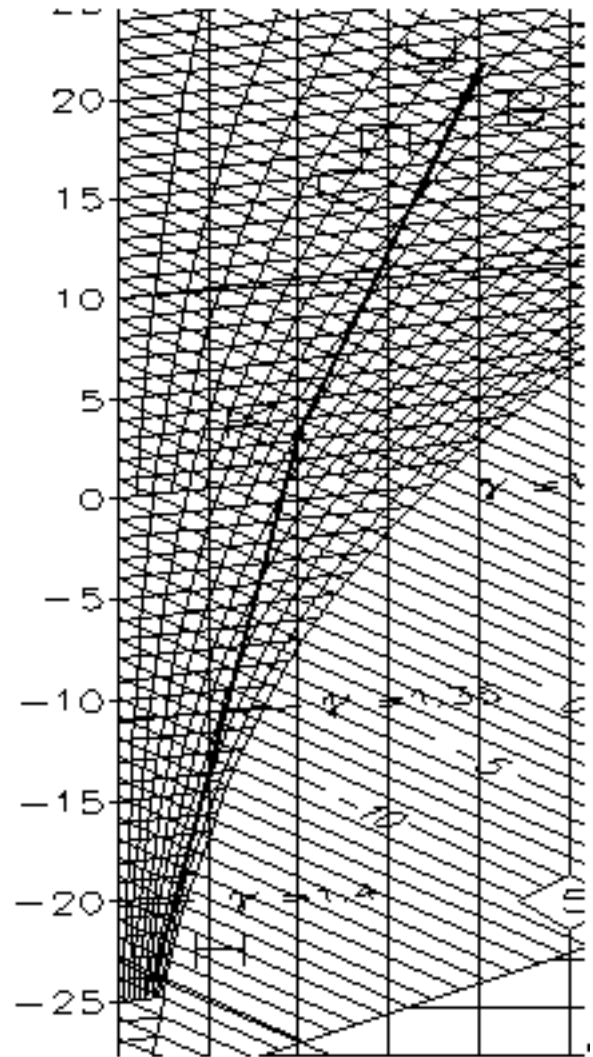


**Рисунок 6** – Прямоточный процесс обработки воздуха в холодный период с первой рециркуляцией и вторым подогревом

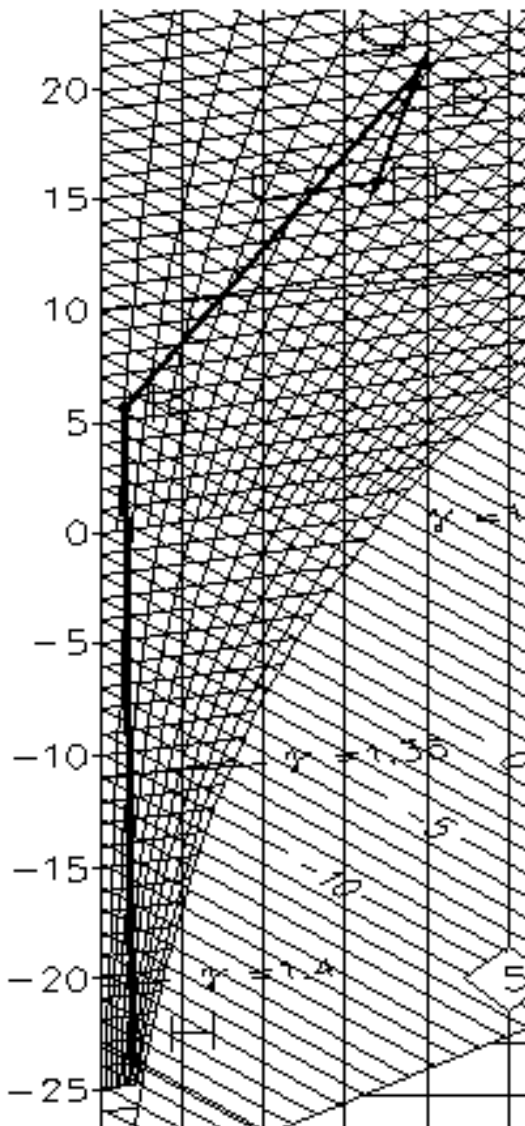




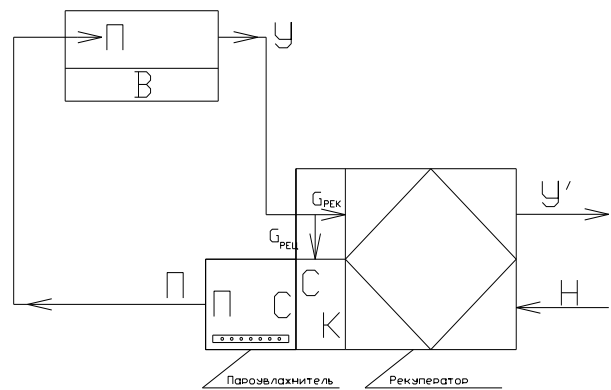
**Рисунок 7** – Принципиальная схема установки



**Рисунок 8** – Прямоточный процесс обработки воздуха с ротационным рекуператором и рециркуляцией



**Рисунок 9** – Процесс обработки воздуха в холодный период года с рекуператором пластинчатым, рециркуляция и увлажнение паром



**Рисунок 10** – Принципиальная схема установки

**Процесс обработки воздуха в холодный период года с рекуператором пластинчатым, рециркуляция и увлажнение паром (рис 9 и 10).** Линия НК характеризует процесс изменения состояния воздуха в рекуператоре, где нагревается воздух за счет отбора тепла у воздуха, уходящего из помещения без смешивания его с наружным. Точка К характеризует состояние воздуха на выходе из рекуператора.

Линия КУ является линией смеси рециркуляционного и наружного воздуха. На линии КУ отмечаем точку С — точку смешения воздуха (точка С делит отрезок КУ на отрезки, длина которых обратно пропорциональна количеству воздуха в смеси), следовательно, линия КС характеризует процесс смешения воздуха в камере смешения. После воздух поступает в пароувлажнитель, линия СП характеризует увлажнение воздуха в пароувлажнителе.

Линия ПВ — изменение состояния воздуха в помещении.

Для сравнения сведем результаты расчетов в таблицу 1.

**Таблица 1** – Характеристика процессов обработки воздуха

Период года	Процесс	$Q_I$ , кДж/ч	$Q_{II}$ , кДж/ч	$Q_{ф.о.}$ , кДж/ч	$W$ , кг/ч
ХП	1	Оптимальные условия работы камеры орошения не выдерживаются			
	2	233977	73718		32,05
	3		15224,5		
	4				
	5				6,4

Исходя из полученных данных, выбираем самый менее энергозатратный технологический процесс.

Первый и второй процесс являются прямоточными, это значит, что, воздух, уходящий из помещения, выбрасывается наружу, а это является экономически не целесообразным. Так же в первом процессе не выдерживаются оптимальные условия работы камеры орошения. Процесс с первой рециркуляцией и нагрева в воздухонагревателе второго подогрева также не подходит, т. к. количество рециркуляционного воздуха, участвующего в процессе, превышает максимально допустимое. Получаем, что процессы обработки воздуха с ротационным рекуператором и рекуператором пластинчатым являются подходящими. Выбираем из двух процессов менее энергозатратный — процесс обработки воздуха с ротационным рекуператором и рециркуляцией.

УДК 625.06/.07(075.8)

*Гришко А.С., Ясутчик М.И.*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Левчук Н.В.*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ БРЕСТСКОГО МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА В КАЧЕСТВЕ АКТИВИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ В АСФАЛЬТОБЕТОНЫ**

Совокупность применения ресурсо- и энергосберегающих методов подготовки щебня, песка, минерального порошка и битума, их смешивания, является важной целью в технологии получения готовых монолитных дорожных композиций с заданными свойствами.

Поставленная цель может быть достигнута при поэтапной организации процессов структурообразования асфальтобетона.

На первом подготовительном этапе производится проектирование состава асфальтобетонной смеси, при соответствии свойств асфальтобетона нормативным требованиям. На двух следующих этапах происходит процесс перехода формирования асфальтобетона от микроструктуры до макроструктуры. Четвертый этап характеризуется стабилизацией свойств, необходимых для периода эксплуатации композита.

В течение подготовительного периода осуществляют выбор, подготовку компонентов и проектирование состава асфальтобетона. Проектирование асфальтобетона — это комплексный процесс, позволяющий правильно назначить вид и соотношение его компонентов, т. е. состав, максимально обеспечивающий прочность и долговечность дорожного покрытия.

Расчет состава асфальтобетона состоит из следующих операций:

- 1) расчет состава минеральной части;
- 2) расчет оптимального количества битума;
- 3) приготовление и испытание контрольной смеси.

Определение оптимального содержания битума. На основе результатов расчета состава минеральной части асфальтобетонной смеси делают несколько (обычно три) замесов смесей с различным содержанием битума в рекомендуемых СТБ 1033-2004 пределах. Образцы, изготовленные из смесей, подвергают испытанию для получения зависимости водонасыщения и предела прочности асфальтобетона при сжатии при температуре 50°C от содержания битума.

Во втором основном периоде происходит формирование микроструктурных связей. Он включает подогрев минеральных материалов и битума до заданной температуры, перемешивание всех компонентов и транспортирование смеси к месту укладки. Основная задача технологии получения однородной асфальтобетонной смеси — разрушение первичных точечных контактов между частицами, равномерное распределение всех компонентов в объеме смеси и полное обволакивание минеральных зерен битумом. При транспортировании смеси происходит дальнейшее распределение битума в ее объеме. При длительной перевозке возможно расслоение, поэтому в этом случае лучше всего перевозить смесь в автомобилях-мешалках.

Процесс приготовления асфальтобетонной смеси предусматривает равномерное распределение вяжущего и полное покрытие каждого минерального зерна пленкой битума, что значительно влияет на прочность, устойчивость и долговечность покрытия.

При неполном покрытии минеральных зерен битумной пленкой (из-за недостатка битума в смеси) асфальтобетон интенсивно разрушается во влажной среде вследствие того, что вода проникает через открытые места на зернах под битумную пленку и вытесняет (отслаивает) ее с минеральной поверхности заполнителей.

Избыток битума также нежелателен: его неоптимальное количество ухудшает распределение вяжущего в объеме смеси за счет миграции части битума при уплотнении смеси из зон повышенного напряжения.

Поэтому важно знать поверхность минеральных компонентов смеси, которая должна покрываться битумной пленкой

Толщина битумной пленки на минеральных зернах взаимосвязана также с вязкостью бетона: от марки БНД 90/130 до БНД 200/300 толщина пленки на зернах уменьшается на 10%.

Взаимодействие битума с минеральными частицами в асфальтобетоне включает следующие два основных процесса: физический и химический (хемосорбционный).

*Физическое взаимодействие* битума с минеральными материалами обусловлено способностью вяжущего адсорбироваться на поверхности минеральных зерен и фильтровать их.

*Химическое взаимодействие* битума с минеральными компонентами характерно при контактом взаимодействии минеральных материалов из карбонатных горных пород (у которых поверхностный заряд положительный) с битумами, содержащими анионактивные ПАВ (асфальтогеновые, нафтенновые кислоты и т. п.), имеющими отрицательный электрический заряд. Такие контакты приводят к образованию на границе раздела фаз новых прочных химических соединений, способствующих образованию устойчивых хемосорбционных адгезионных контактов.

Между известняком и битумом, содержащим, например, асфальтогеновые кислоты, происходит реакция с образованием кальциевых мыл:



где RCOOH — асфальтогеновая кислота; Ca(RCOO)<sub>2</sub> — кальциевое мыло, которое нерастворимо в воде.

В этом случае битумные пленки, образованные на поверхности минеральных частиц, становятся полностью *гидрофобными*.

При объединении битума с кислыми минеральными материалами, богатыми кремнеземом (SiO<sub>2</sub>), частицы которого имеют на поверхности отрицательный электрический заряд, хемосорбционные адгезионно-устойчивые соединения не образуются. В этом случае прочность сцепления битумной пленки и поверхности кислых материалов понижена, особенно в присутствии воды, так как адгезионный контакт обусловлен только слабыми силами физической адсорбции. Для усиления адгезии битума к кислым минеральным материалам (гранитный щебень, кварцевые пески) в смесь вводят катионактивные ПАВ. Только тогда возможно образование прочных химических соединений.

В третьем завершающем периоде формируется макроструктура асфальтобетона. Устойчивая структура асфальтобетона определяется энергетическими связями на поверхности раздела его твердых и жидких компонентов. Связи между компонентами в асфальтобетонах (по П. А. Ребиндеру) классифицируются по типу образующихся структур: коагуляционной, конденсационной и кристаллизационной.

При положительных температурах для пластичных асфальтобетонов наиболее типична *коагуляционная* структура, для жестких — *конденсационная*. В области достаточно низких отрицательных температур почти для всех асфальтобетонов характерна *кристаллизационная* или *конденсационно-кристаллизационная* структура. Основным признаком таких структур является реологическое состояние асфальто-вяжущего вещества в контактном слое между заполнителями асфальтобетона.

Этот период включает укладку и уплотнение асфальтобетонной смеси, в результате чего происходит формирование макроструктурных связей и интенсивное сближение зерен смеси до максимальной плотности покрытия.

При сближении частиц свободный битум выжимается из зон повышенного уплотняющего напряжения. Он заполняет пустоты межзернового пространства и на поверхности минеральных частиц формируется пленка структурированного битума. При этом коагуляционные связи в асфальтобетоне упрочняются, а прочность уплотняемого слоя покрытия возрастает.

Последний эксплуатационный период характеризуется дальнейшим формированием структуры асфальтобетона в результате доуплотнения покрытия под воздействием движения автомобилей. Процесс доуплотнения связан с увеличением вязкости битума вследствие упрочнения структурных связей на границе раздела минеральный материал — вяжущее (происходит уменьшение содержания масел, структурирование смол). На поверхности крупных заполнителей из горных карбонатных пород протекают процессы стабилизации структурированного битума за счет появления необратимых новообразований в зоне контакта. При этом «не остается» свободного битума, испытывающего окисление атмосферными факторами.

Необходимо отметить, что выявление структурных особенностей асфальтобетона имеет большое практическое значение: зная эффективный метод регулирования структуры, можно существенно улучшать свойства этого материала. Причем особое значение это приобретает при использовании некондиционных компонентов в асфальтобетоне.

Добавление ПАВ в асфальтобетонные смеси улучшает сцепление битума с минеральными материалами, повышает морозостойкость асфальтобетона, уплотняемость асфальтобетонных смесей.

Применяют ПАВ двух классов: катионные и анионные. К *катионным* ПАВ относятся соли высших алифатических аминов. Наиболее доступен БП-3 — продукт на основе полиэтиленполиамина и синтетических жирных кислот. В зависимости от петрографического состава каменных материалов в битум вводится 0,5...1,5% по массе БП-3. Наиболее употребляемые *анионные* ПАВ — смола госсиполовая (хлопковый гудрон), гудрон жировой и др., которые вводят в битум в количестве 3...7% по массе.

Для улучшения сцепления битума с гранитом и другими кислыми породами используют катионные ПАВ, с известняками — анионные.

*Модифицирующие добавки* можно условно разделить на три группы: адгезионные, полимерные, активирующие.

*Адгезионные присадки* повышают сцепление битума с поверхностью минерального материала и обеспечивают соответствие нормативным документам показателей плотного асфальтобетона по коэффициентам морозостойкости после 50 циклов замораживания-оттаивания и водостойкости при длительном водонасыщении в агрессивной среде после 28 суток без ухудшения предела прочности при сдвиге при температуре 50°С.

*Модифицирующие полимерные добавки*, применяемые в дорожных битумах для повышения сдвигоустойчивости и трещиностойкости асфальтобетона, должны соответствовать требованиям нормативных документов. Битумы с полимерными добавками должны соответствовать требованиям нормативных документов на модифицированные битумы.

В настоящее время установлена возможность (Я.Н. Ковалев, С.С. Будниченко) применения в асфальтобетоне торфа как активирующей добавки с целью увеличения прочности адгезионной связи в системе «битум — минеральный заполнитель». Суть заключается в том, что поверхность горячих заполнителей (после сушильного барабана), взаимодействуя в смесителе с торфяной добавкой, приводит к ее термической деструкции, а выделенные при этом газообразные продукты активируют поверхности заполнителей и увеличивают их адгезионную активность к битуму.

Для приготовления щебеночно-мастичных смесей в качестве *стабилизирующей добавки* следует применять целлюлозные волокна или гранулы на их основе.

Указанные структурные состояния АБ в той или иной степени учитываются при проектировании его составов. Объяснение механизма сопротивления асфальтобетона транспортным нагрузкам и погоднo-климатическим факторам способствует обеспечению требуемого качества дорожных асфальтобетонных покрытий.

Из смеси запроектированного состава изготавливают контрольные образцы и осуществляют полный цикл их испытаний в соответствии с СТБ 1033-2004. Показатели свойств асфальтобетона, полученные в результате испытаний, должны соответствовать требованиям СТБ 1033-2004.

Расчет состава минеральной части. При подборе состава асфальтобетонной смеси содержание минеральной части принимают за единицу, а содержание битума рассчитывают в процентах от массы минеральной части.

В целях ускорения и упрощения работы оптимальное содержание битума можно рассчитывать по фактической пористости минеральной части и остаточной пористости асфальтобетона. Для этого на основе результатов расчета состава минеральной части готовят асфальтобетонную смесь с минимальным рекомендуемым содержанием битума по СТБ 1033-2004 или уменьшенным на 0,3...0,5 %. Испытанием трех образцов определяют среднюю плотность асфальтобетона и его минеральной части. По содержанию компонентов и их истинной плотности рассчитывают истинную плотность минеральной части, а затем ее фактическую пористость.

Требуемое содержание битума (%) определяют по зависимости:

$$B = \frac{(V^0 - V^a)}{\rho_m} \rho_b,$$

где  $V^0$  — фактическая пористость минеральной части, %;  $V^a$  — среднее значение требуемой остаточной пористости асфальтобетона в зависимости от его вида (плотный, пористый или высокопористый), % (по СТБ 1033-2004);  $\rho_b$  — плотность битума (для практических расчетов может быть принята равной 1 г/см<sup>3</sup>);  $\rho_m$  — истинная плотность минеральной части асфальтобетона, г/см<sup>3</sup>.

Из асфальтобетонной смеси с рассчитанным содержанием битума изготавливают три образца для определения остаточной пористости асфальтобетона. Если значение остаточной пористости асфальтобетона больше или меньше требуемого, готовят новую смесь, соответственно с большим или меньшим содержанием битума.

При расчетах составов холодных асфальтобетонных смесей для предотвращения их слеживаемости полученное значение оптимального содержания битума уменьшают на 10... 15%.

#### **Список цитированных источников**

1. Ковалёв Я.Н. Дорожно-строительные материалы и изделия: учеб.-метод. пособие / Я.Н. Ковалёв, С.Е. Кравченко, В.К. Шумчик. — Минск: Высшая школа, 2001. — 218 с.

УДК 628.394

**Жолох А.А., Антонович О.В.**

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

### **АНАЛИЗ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДЫ РЕКИ ПРИПЯТЬ**

Целью данной работы является выполнение анализа экологического состояния реки Припять по концентрациям загрязняющих веществ. Загрязнители поверхностных вод, согласно государственному водному кадастру [1], делятся на

две группы. Первая группа представлена взвешенными веществами, растворённым кислородом, бихроматной окисляемостью, БПК<sub>5</sub>, ионами аммония, нитрита и фосфата. Вторую группу составляют: общее железо, медь, цинк, никель, фенолы, нефтепродукты и СПАВ. Все эти вредные вещества, загрязняющие поверхностные воды, поступают с атмосферными и талыми водами с сельскохозяйственных угодий, промышленных предприятий, с городскими сточными водами. Более подробно будут рассмотрены вещества второй группы, которой принадлежат тяжёлые металлы и органические соединения, поскольку тяжёлые металлы относятся к приоритетным загрязняющим веществам и наблюдения за которыми обязательны во всех средах.

Объектом исследования является река Припять и её гидрохимические показатели. Гидрохимический мониторинг осуществляется в следующих пунктах: Большие Диковичи; 1 км выше г. Пинска; 3,5 км ниже г. Пинска; 1 км выше г. Мозыря; 1 км ниже г. Мозыря; 45 км ниже г. Мозыря; 2 км восточнее населённого пункта Довляды. Река Припять является средой жизни для многих представителей флоры и фауны, а вода данной реки используется на различные нужды экономики, в том числе для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Однако в настоящее время река Припять испытывает серьёзную антропогенную нагрузку, связанную со сбросом очищенных сточных вод, судоходством и другими факторами.

По веществам-загрязнителям нормируется ПДК для питьевых вод [2], поверхностных вод [3], очищенной воды и сточных вод, которые поступают от предприятий (таблица). Обращает на себя внимание факт нормирования ПДК питьевой воды, при котором содержание тяжелых металлов даже может быть значительно выше, чем в поверхностных и сточных водах (медь, цинк, никель). Прежде всего данные высокие концентрации определены ВОЗ как предельные для здоровья человека. Нормативы на питьевую воду по странам имеют также существенное различие, причем следует отметить их достаточно жесткие значения в Беларуси и России. В то же время, в природных водах имеет место низкое содержание меди, никеля и цинка.

Самым распространённым элементом, который встречается в воде, является железо. Попадает этот элемент в воду в результате применения на водоочистных сооружениях фильтров для очистки воды, которые содержат железо. Большие концентрации железа содержатся в подземных водах, которые являются источником питания рек, поэтому значительное количество железа попадает в природные воды данным путём. Основным источником поступления меди в природные воды являются предприятия цветной металлургии, транспорт, медьсодержащие удобрения, пестициды, сжигание топлива в различных отраслях промышленности. Высокое содержание никеля в воде может быть обусловлено наличием цехов никелирования на машиностроительных заводах, стоки заводов по переработке никельсодержащей руды. Синтетические ПАВ попадают в воду из-за широкого и повсеместного использования населением моющих средств. Нефтепродукты, в свою же очередь, попадают в воду путём выделения загрязняющих веществ транспортом. Данные вещества через ливневую канализацию поступают на очистные сооружения.

Учитывая, что в Полесье много сельских населенных пунктов, отрезанных от коммуникаций и возможностей централизованного водоснабжения из глубоких подземных источников, до сих пор находят широкое применение шахтные и другие колодцы, что делает актуальным контроль качества поверхностных вод.

За многолетний период 2003–2015 гг. выполнено осреднение основных загрязнителей группы 2 по створам гидрохимических наблюдений (рис. 1). Данные створы на графиках расположены последовательно от истока к устью, таким образом можно проследить динамику загрязнителей по длине реки. На графике зеленым цветом отмечены нормируемые ПДК и, как видно, средние из максимальных концентраций общего железа, меди, цинка, нефтепродуктов превышают ПДК по всем створам. Средние значения концентраций загрязнителей имеют различную динамику. Рисунок показывает, что имеет место плавный рост исследуемых показателей, за исключением меди, от истока к устью. Это связано с увеличивающейся антропогенной нагрузкой, где основными городами-загрязнителями являются Пинск и Мозырь. Рисунок позволяет наглядно представить значительное ухудшение экологического состояния природных вод Припяти именно между Пинском и Мозырем. Загрязнения никелем и СПАВ находятся на допустимом уровне, как по средним, так и по максимальным концентрациям.

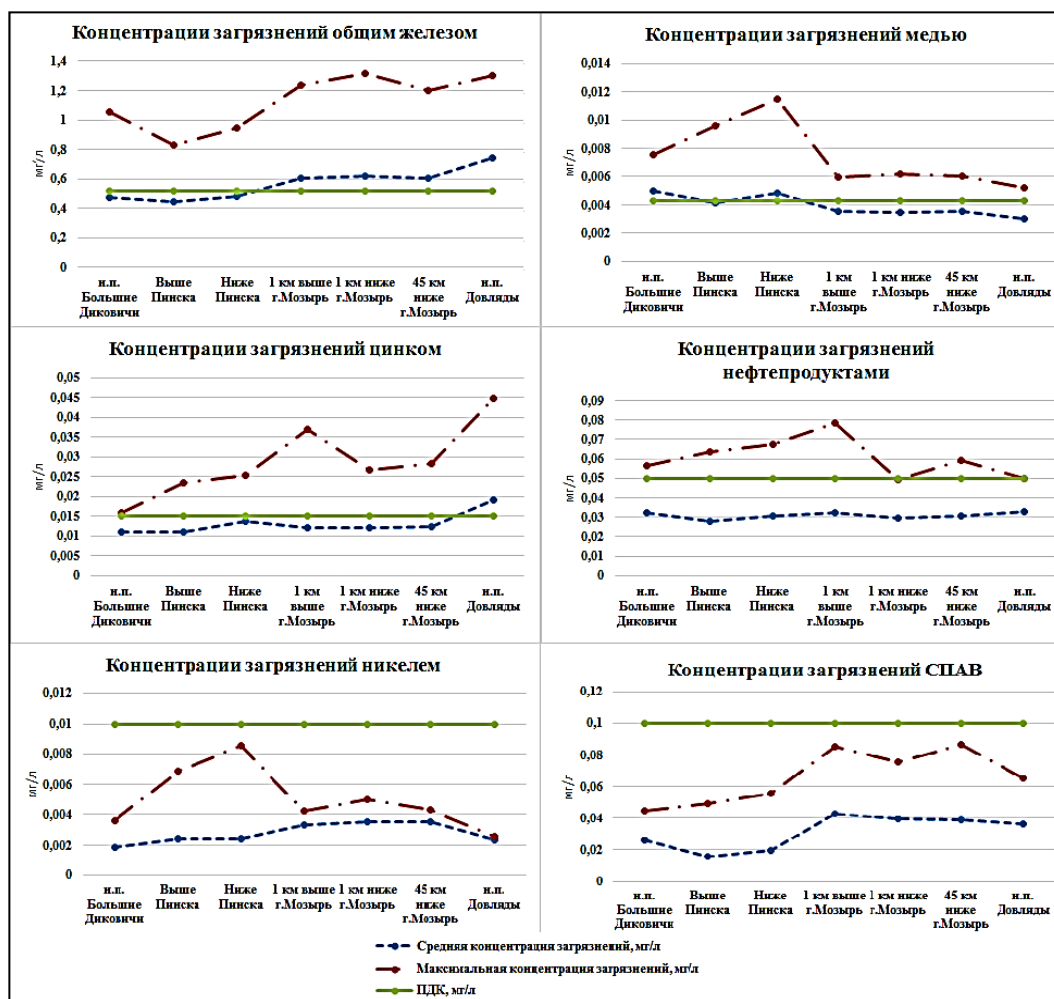
Отдельные промышленные предприятия города Пинска имеют опасные, с точки зрения экологии, сточные воды. Это филиал «Камертон» ОАО «Интеграл», являющийся производителем электронной промышленности (железо общее, медь, никель, нефтепродукты); ОАО «Пинский завод искусственных кож» (железо общее, цинк); предприятие «Эксайд Технолоджиз» — одно из крупнейших мировых производителей, дистрибьюторов и переработчиков свинцово-кислотных аккумуляторных батарей (нефтепродукты, СПАВ); ЗАО «ХК «Пинскдрев» (спичечная фабрика) является лидером на мебельном рынке и одной из старейших компаний деревообрабатывающей промышленности (медь, цинк, СПАВ). Данные предприятия в отдельности соблюдают экологическое законодательство, однако, их совокупное воздействие оказывает значительную нагрузку на КУП «Пинскводоканал», которое занимается очисткой сточных вод.

**Таблица 1 – Предельно допустимые концентрации загрязнителей воды**

Параметры	ПДК питьевых вод, мг/л	ПДК поверхностных вод, мг/л	ПДК очищенной воды, мг/л	Допустимые концентрации сточных вод, поступающих на очистные сооружения, мг/л
Общее железо	0,3	0,515	1	
Медь	1	0,0043	0,006	0,01
Цинк	5	0,015	0,016	0,027
Никель	0,1	0,01	0,01	0,01
Нефтепро- дукты		0,05	0,2	0,2
СПАВ		0,1	0,47	0,49
Источник	СанПин 10-124 РБ99	ТКП17.06-08- 2012 (02120)	Разрешение на специальное водопользование № Бел 27 / Брест (08.09.2015 до 03.03.2018)	Пинский городской исполнительный комитет 23.08.2005 г. №767 « О нормативах платы за сбросы сточных вод в канализацию»



Учитывая, что концентрации большинства загрязнителей возрастают по направлению к истоку, нами получены соответствующие статистически значимые зависимости, отражающие рост исследуемых показателей в зависимости от увеличения водосборной площади (длины реки Припять).



**Рисунок 1 – Концентрации загрязнений вредными веществами по створам гидрохимических наблюдений**

Установленная за период с 2003 по 2015 гг. динамика средних концентраций загрязнения железом общим и цинком показала, что имеет место их колебание, показывающее в целом небольшое снижение концентраций по железу общему и увеличение по цинку. Колебание концентраций по годам увязывается, во многом, с гидрологическим режимом реки Припять (годовыми расходами воды) и объемами сбросов сточных вод. По ряду показателей графики следуют синхронно.

В завершении необходимо отметить, что комплексный анализ гидрохимических показателей и расходов вод позволяет оценить вклад в природу гидрохимического состава поверхностных вод естественных и антропогенных факторов.

#### Список цитированных источников

1. Государственный водный кадастр Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cricuwr.by>. – Дата доступа: 01.05.2017.
2. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества : СанПиН 10-124 РБ 99. – 1999. – 47 с.
3. Технический кодекс установившейся практики – ТКП 17.06-08-2012 (02120). – Введ.01.01.2013. Минск - Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 2013. – 69 с.

УДК 378.147.88

Кисинский П.А., Лыжин П.А.

Научный руководитель: зав. кафедрой НГиИГ Винник Н.С.

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЛАЙДОВОЙ СИСТЕМЫ AUTOCAD

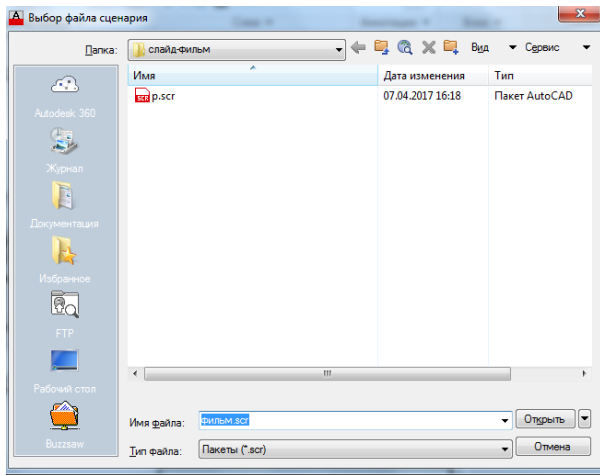
Бурное развитие современных компьютерных технологий предоставляет принципиально новые возможности практически во всех отраслях деятельности человечества. Не является исключением и педагогика, где освоение новых компьютерных систем преподавателями и использование их в учебном процессе открывает широчайший простор для различных педагогических новаций. Вполне оправдано то внимание, которое уделяется на сегодняшний день высшими учебными заведениями подготовке молодых специалистов, свободно владеющих новейшими компьютерными технологиями, что позволяет, в итоге, молодым людям быть востребованными на рынке труда.

В настоящей работе использованы возможности графического комплекса AutoCAD 2015, предназначенного для создания конструкторской документации в различных областях производства проектных работ. Данная графическая система получила широкое распространение в европейских государствах и на просторах бывших республик СССР. AutoCAD прекрасно себя зарекомендовал в различных отраслях проектной деятельности: архитектурном проектировании, станкостроении, самолетостроении, кораблестроении, машиностроении, проектировании инженерных сетей и т. д. Отличительная особенность системы AutoCAD состоит в простоте её интерфейса, возможности решать достаточно сложные задачи как в 2D, так и в 3D-пространстве, широких возможностях в создании текстовой информации и спецификаций. Кроме того, возможность создания различных графических, оптических эффектов, позволяет использовать сложные модели освещения и тонирования изображений.

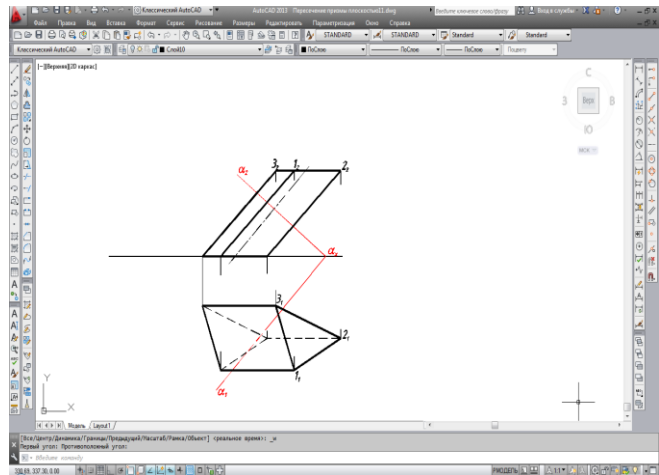
Немаловажный интерес представляет использование графической системы AutoCAD в разработке новых подходов к обучению различным дисциплинам, где визуализация процесса нахождения решения пропорциональна восприятию информации слушателем курса (особенно важно для преподавания графических дисциплин). В настоящей работе рассматривается возможность использования слайдовых библиотек системы AutoCAD в разработке новых подходов в создании обучающих систем в области графических дисциплин.

*Пакетные файлы* — создаваемые в текстовом редакторе макросы, которые позволяют автоматически выполнить некоторую последовательность команд (автоматизировать процесс вычерчивания, определение параметров чертежа, создание слайд-фильмов) [1], [2]. Наиболее часто в системе AutoCAD пакетные файлы применяются для автоматизации процесса вычерчивания и при организации автоматического показа на экране набора слайдов (*слайд-фильмов*).

При создании пакетного файла может использоваться текстовый редактор *Notepad*. Каждая отдельная команда набирается в отдельной строке, в конце строки *Enter* (или пробел). Созданный текстовый файл сохраняется с расширением *\*.scr* (рис.1). Запустить пакетный файл можно прямо из чертежа либо обеспечить выполнение пакетного файла при загрузке AutoCAD.



**Рисунок 1**



**Рисунок 2**

При помощи пакетных файлов можно создавать слайд-фильмы (*последовательно отображающиеся слайды*). В AutoCAD предусмотрены для данной цели три основные команды:

- *Delay* (Задержки) — делает паузу в миллисекундах (*Delay 3000* — пауза в 3 секунды);
- *Rscript* (Впакет) — повторяет пакет с самого начала (*Esc* — прекращение);
- *Resume* (Продолжи) — перезапускает пакетный файл (после остановки вызванной командой *Esc*).

В поставленной задаче начертательной геометрии дана наклонная трехгранная призма и пересекающая ее плоскость общего положения  $\alpha$  (рис.2).

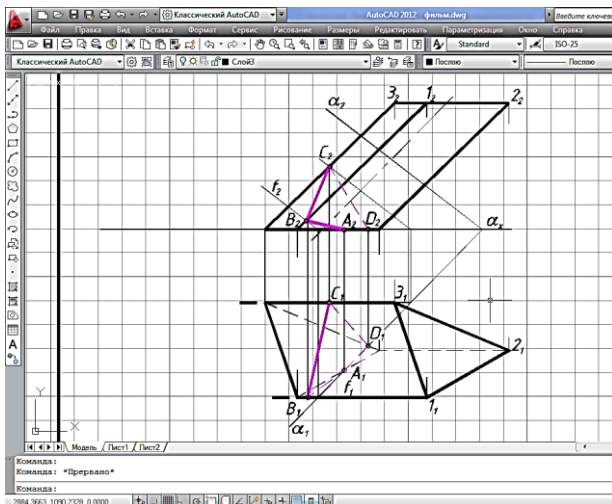
**Необходимо:** найти проекции фигуры полученной при пересечении призмы плоскостью  $\alpha$ , определить натуральную величину сечения и построить полную развертку усеченной части поверхности.

**Ход работы.** Для нахождения проекций фигуры, полученной в результате пересечения призмы плоскостью  $\alpha$ , используем способ ребер. Данным способом определяем две проекции точек *B* и *C*. Точки *A* и *D* определяем в местах пересечения горизонтального следа и треугольника основания, так как эти два геометрических объекта находятся в одной плоскости. Ребро 2 не участвует в решении (рис.2) [3], [4]. Далее решается вопрос видимости элементов фигуры сечения на фронтальной и горизонтальной плоскостях проекций.

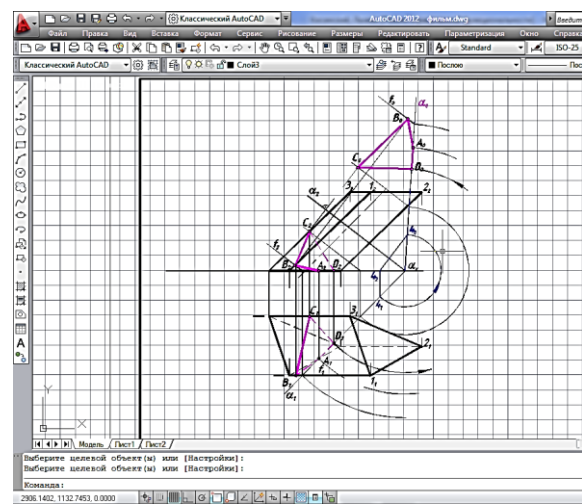
Найдя две проекции фигуры пересечения поверхности плоскостью, определяем методом совмещения (вращения вокруг фронтального следа) натуральную величину сечения [3], [4]. Для этого сначала определяем положение совмещенного следа  $\alpha_0$ . Точки *A* и *D*, принадлежащие горизонтальному следу, в совмещенном положении принадлежат  $\alpha_0$ . Затем вращаем поочередно точки *B* и *C*. Соединив полученные проекции точек, получаем натуральную величину сечения. Далее, для построения развертки необходимо провести нормальное сечение и определить его натуральную величину. Далее проводим горизонтальную линию, длина которой равна периметру треугольника — натуральной величины нормального сечения, и из каждой точки откладываем длину ребер вверх и вниз соответственно. Затем переносим на развертку точки сечения *A*, *B*, *C*, *D* на ребра и стороны основания и натуральную величину сечения.

На начальном этапе последовательно в графической системе *AutoCAD 2015* создаются файлы с расширением *\*.dwg*, соответствующие каждому шагу этапов построения, описанном выше. Поскольку каждый шаг привносит в начальное

изображение новые графические элементы, используем послойное наложение графической информации. За каждым шагом решения закрепляем свой конкретный слой (так, например: *слой us1* — несет в себе изображение начального условия задачи (рис.2), *слой 1* — определение точек *A* и *D* на горизонтальной проекции, *слой 2* — определение точек *A* и *D* на фронтальной проекции, *слой 3* — определение точек *B* и *C* на фронтальной проекции, *слой 4* — определение точек *B* и *C* на горизонтальной проекции (рис.3), *слой 5* — построение совмещенного следа  $\alpha_0$ , *слой 6* — натуральная величина сечения (рис.4) и т. д.).



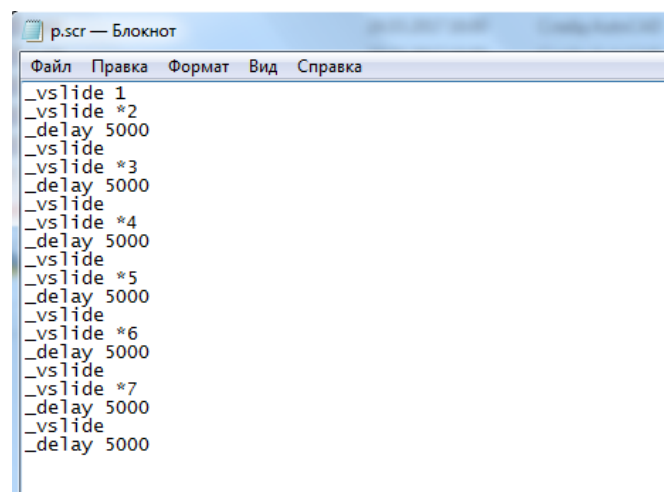
**Рисунок 3**



**Рисунок 4**

На основании предварительно созданной графической информации, записанной в файлах с расширением *\*.dwg*, поэтапно формируются слайды. При формировании каждого отдельного слайда используется команда *mslide*, причем рабочее изображение должно быть размещено рационально на экране, по возможности не масштабироваться и не изменять своего положения в процессе формирования пакета слайдов.

В текстовом редакторе *notepad* формируем (рис. 5) файл с расширением *\*.scr* (*packfail.scr*), в котором при помощи команд запуска слайда, задержки изображений создается последовательность команд, позволяющая последовательно с заданными интервалами просмотреть созданные слайды.



**Рисунок 5**

Для просмотра полученного слайд-фильма, после загрузки системы AutoCAD на панели инструментов *tools* выбираем команду *run script*, затем открываем созданный нами файл *packfail.scr*.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

— Пакетные файлы графической системы *AutoCAD 2015* позволяют автоматизировать выполнение графических задач.

— Библиотеки слайдов позволяют более рационально обращаться с большими объемами графической информации, систематизировать и структурировать созданные базы слайдов.

— Создаваемые на базе предварительно созданных слайдов фильмы позволяют визуализировать ход решения графических задач, улучшить восприятие материала, дают возможность более акцентированного самостоятельного обучения графическим дисциплинам.

— Используемый в настоящей работе подход в освоении графических дисциплин может быть использован как в процессе обучения слушателей на стационаре, так и быть весьма эффективным при дистанционном обучении, а также применим для самообразования.

#### **Список цитированных источников**

1. Финкельштейн, Элен. AutoCAD 2000. Библия пользователя.: пер. с англ. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2002. – 1040 с.

2. Жарков, Н. В. Полное руководство по системе автоматизированного проектирования AutoCAD 2013 – М.: Наука и Техника, 2013. – 624 с.

3. Начертательная геометрия: учебник для вузов / Под ред. проф. Н.Н. Крылова. – М.: Высшая школа, 2000. – 224 с.: ил.

4. Гордон, В.О. Курс начертательной геометрии: учебное пособие для вузов / Под ред. В.О. Гордона, Ю.Б. Иванова. – М.: Высш. шк., 1999. – 272 с.: ил.

УДК 621.92.001.891.57:744

**Ковальчук И.В., Макарук Д.В.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Омесь Д.В.**

### **ШАГАЮЩИЕ МЕХАНИЗМЫ НА ОСНОВЕ INVENTOR 2017**

*Кинетическое искусство* (от греческого *kinetikos* — движение, приводящий в движение) — направление в современном искусстве, обыгрывающее эффекты реального движения всего произведения или отдельных его составляющих [1]. Такой вид искусства основывается на представлении о том, что с помощью света и движения можно создать произведение искусства. Объекты представляют собой движущиеся установки, производящие при перемещении интересные сочетания света и тени, иногда звучащие. Это тщательно сконструированные устройства из металла, стекла или других материалов. В кинетическом искусстве движение вводится по-разному: некоторые произведения динамически преобразуются самим зрителем, другие — колебаниями воздушной среды, а третьи приводятся в движение мотором или электромагнитными силами.

Чтобы создать такое произведение искусства, не всегда достаточно навыков художника. Часто необходимо иметь представление о механизмах, передающих и преобразующих движение; о материалах и методах их обработки для создания нужных деталей; о методах разработки и проектирования с использованием современных систем трехмерного моделирования. И художник уже становится настоящим инженером, обладающим обширными знаниями и умениями.

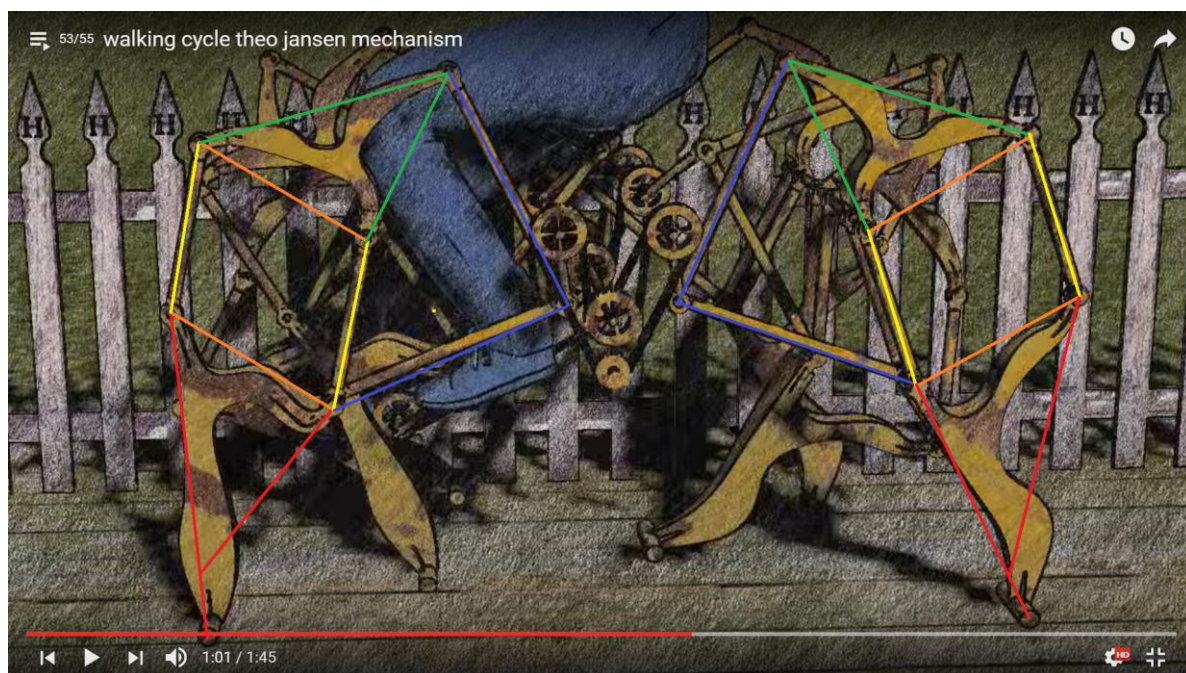
Мы, студенты второго курса машиностроительного факультета, решили испытать свои способности на пути подготовки к профессиональной деятельности инженеров. При изучении инженерной графики мы получили навыки работы в среде КОМПАС 3D — по заданиям строили твердотельные модели, создавали на их основе чертежи, выполняли сборки и сборочные чертежи. Но мы решили пойти дальше обычного курса инженерной графики — создать что-то свое в трехмерной среде AUTODESK INVENTOR 2017 и заставить это двигаться. Поскольку мы механики и технари, то обратили внимание на создание шагающего механизма.

Среди самых известных деятелей, внёсших вклад в развитие шагающих механизмов, можно отметить Тео Янсена, Кланна, Хойкена, Пафнутия Львовича Чебышева [2].

**Шагающий механизм Тео Янсена.** Наш выбор остановился на создании шагающего механизма Тео Янсена. Работа оказалась непростой, поскольку имелись примерные пропорции звеньев, но сами чертежи отсутствовали, и приходилось ориентироваться на то, что было представлено в видеороликах и на картинках. Строение механизмов и сопряжения звеньев пришлось проектировать на занятиях в дисциплине «Теория машин и механизмов». Форма и размеры деталей подбирались по примерным пропорциям.

Анализ схем показал, что механизм состоит в основном из нескольких звеньев в форме «ног», также прямые звенья с параллельным размещением и колёс, обеспечивающих при вращении плавную передачу движения ведущим звеньям.

В движение механизм приводится с помощью ременной передачи и педалей, размещенных на раме. При повороте педали ведущий шкив сообщает движение ведомому, после чего вся секция, состоящая из задней и передней ноги и звеньев между ними, начинает продвигать механизм в сторону, в которую началось вращение шкива. Для симметричности и устойчивости всего механизма в целом секции со звеньями дублируются, размещаясь на одной оси. Но между тем, для задания шага всему механизму и попеременного движения каждой секции, необходимо выполнить ведомую ось в виде коленчатого вала с шагом промежуточных осей примерно  $120^\circ$ .

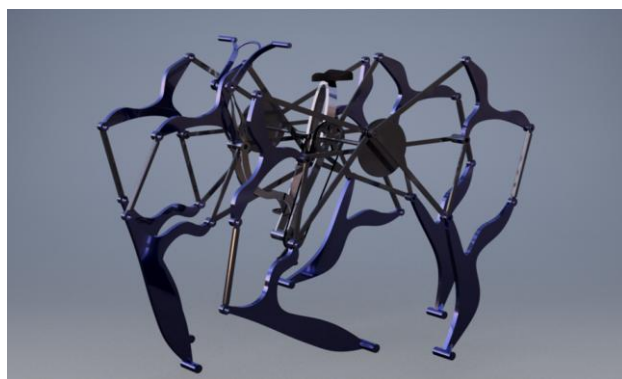


**Рисунок 1** – Видеоролик шагающего механизма

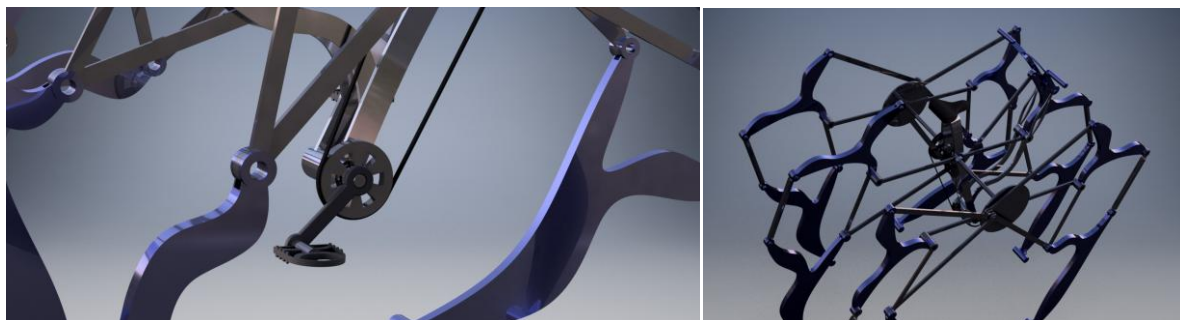
**Моделирование в INVENTOR 2017 и анимирование модели.** Нами была выбрана среда моделирования AUTODESK INVENTOR 2017, поскольку она является одной из самых передовых сред трехмерного моделирования с расширенным инструментарием и возможностями по части визуализации готовых проектов. INVENTOR позволяет создавать твердотельные модели любой сложности и размеров, объединять их в сборочные узлы и изделия, а с помощью встроенной среды анимирования INVENTOR STUDIO моделировать движения звеньев, изменение их оптических свойств (прозрачность) по заданным сценариям и сохранять результат в видеоролик. Эти возможности можно использовать для презентации проектов, что мы и сделали.

Наш шагающий механизм был смоделирован с полной детализацией конструкции. Затем произведена сборка всех деталей с помощью зависимостей. Результат можно увидеть на рисунке 2.

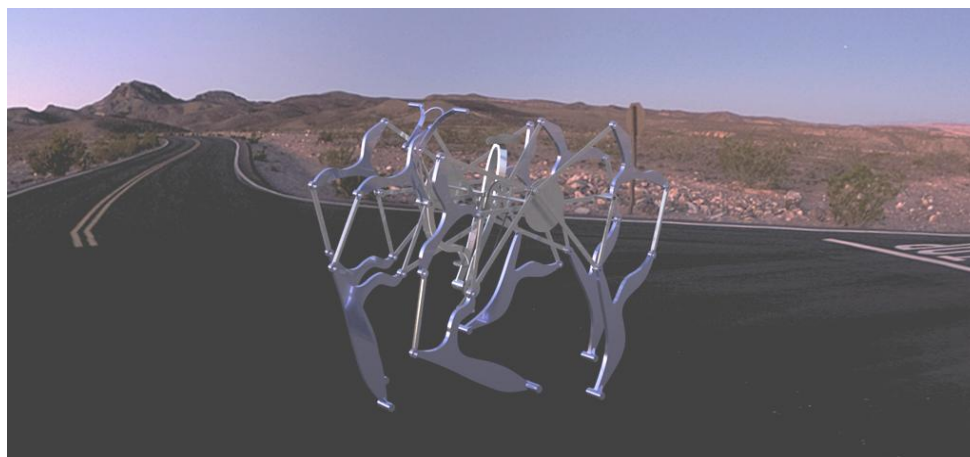
**А)**



**Б)**



**В)**



**Рисунок 2 – Шагающий механизм, смоделированный в INVENTOR 2017**

Результатом проделанной работы стала трехмерная модель шагающего механизма, построенная в среде INVENTOR 2017. Полностью спроектированы и соединены зависимостями элементы модели, обеспечивающие требуемое движение звеньев, чтобы имитировать шаг. Для готовой твердотельной модели создан сценарий анимации, результат обработки которого сохранен в видеоролик.

При выполнении поставленных задач значительно расширены и углублены знания в работе с трехмерными моделями, исследованы возможности, предоставляемые современными системами автоматизированного проектирования, AUTODESK INVENTOR в частности. Полученные навыки можно использовать для подготовки презентаций проектируемых узлов и изделий машиностроения при обучении в вузе, а также после его окончания. Ведь кроме визуализации созданного проекта, можно производить расчет геометрических и физических свойств модели, проводить различного рода расчеты — силовые, тепловые.

Выпускники инженерных специальностей вузов должны обладать расширенными знаниями и навыками работы в современных системах компьютерного моделирования, чтобы быть востребованными на рынке труда, чтобы развивать потенциал промышленного производства. Ведь сейчас на предприятиях проектирование осуществляется с использованием компьютера и специализированного программного обеспечения.

#### **Список цитированных источников**

1. Сайт <http://help.autodesk.com/>
2. Сайт [www.youtube.com](http://www.youtube.com)
3. Тремблей, Т. Autodesk Inventor 2013 и Inventor LT™ 2013. Основы. Официальный учебный курс – М.: ДМК Пресс, 2013. – 244 с.

УДК 625.06/.07(075.8)

**Марчук А.А., Лашко А.О.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Левчук Н.В.**

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН В ПРОЦЕССЕ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОДЫ**

Волокнистыми фильтрами называют пористые перегородки, составленные из беспорядочно расположенных, однако более или менее равномерно распределенных по объему волокон, каждое из которых принимает участие в осаждении аэрозольных частиц.

Процесс осаждения частиц в волокнистых фильтрах состоит из двух стадий. На начальной стадии процесса уловленные частицы практически не изменяют структуру фильтра, однако с течением времени происходит накопление уловленных частиц и эффективность очистки изменяется.

Основным параметром, определяющим механизм улавливания частиц в волокнистых фильтрах, является размер частиц. Для частиц размером менее 0,3 мкм преобладает диффузионное осаждение, а для более крупных важную роль играют эффекты касания и инерции.

Волокнистые фильтры нашли широкое применение в различных отраслях промышленности, в том числе и на предприятиях машиностроения. Эти аппараты предназначены для санитарной очистки аспирационного воздуха от туманов и брызг электролитов в виде смеси хромовой (концентрацией до 250 г/л) и сер-



ной (концентрацией до 2,5 г/л) кислот гальванических ванн, туманов и брызг серной кислоты участков травления металлических изделий.

Для очистки газовых выбросов и производственных сточных вод часто применяется адсорбционный метод, в котором в качестве поглотителей (адсорбентов) применяются твердые мелкопористые материалы, обладающие большой удельной поверхностью (активные угли, силикагель, цеолиты, алюмогели, пористые стекла).

*Адсорбцией* называется процесс поглощения одного или нескольких компонентов из газовой смеси твердым веществом — адсорбентом. Адсорбенты должны обладать рядом свойств, иметь большую удельную поверхность — от сотен до десятков сотен квадратных метров на грамм вещества. Другой важнейшей характеристикой адсорбентов является их адсорбционная активность (или адсорбционная емкость), равная количеству целевых компонентов (в масс. %, граммах и т. п.), которое может быть поглощено единицей массы адсорбента. Адсорбционная активность адсорбентов зависит от состава газа, давления и температуры. Чем выше молярная масса газа и давление, а также чем ниже температура, тем адсорбционная активность выше.

Для извлечения кислых газов, гидрофильных органических паров или воды из воздуха или природного газа применяются базальтовые планарные адсорбенты. Адсорбционные активные фильтры, изготовленные из пористых базальтовых волокон, обладают пониженным диффузионным сопротивлением и высокой сорбционной способностью.

В процессе обработки волокна кислотами в нем развивается пористая структура, что позволяет использовать выщелоченные базальтовые волокна в качестве адсорбентов. Важным фактом остается и то, что поддержание температуры реагента (загрязненной воды или воздуха) не оказывает влияния на базальтовую фибру. Широкий спектр применения в различных отраслях промышленности базальтового волокна обусловлен целым рядом преимуществ перед другими типами волокон. Наиболее важными с точки зрения строительной отрасли является их относительно высокая удельная прочность на разрыв, высокая коррозионная и химическая стойкость к воздействию агрессивных сред растворов солей, кислот, щелочей. Устойчивость к агрессивным средам и поглощающая способность позволяют использовать базальтовое волокно в качестве фильтрующих загрузок для очистки природных и сточных вод.

По мнению ученых, существуют преимущества применения базальтовых волокон, как армирующего материала, состоящие в следующем:

- широкое содержание сырьевых пород в природе;
- технология получения базальтовых волокон более простая и экологически безвредная по сравнению со стекловолокном и производством волокон на основе асбеста;
- базальтовые волокна обладают, относительно стеклянных, более высокой прочностью и модулем упругости волокон и др.

В нашей работе мы исследовали адсорбционную способность базальтовой фибры в процессе обезжелезивания воды. Пластины фибры не обрабатывались кислотными растворами, кроме того, использовалась фибра с различной степенью дисперсности волокна. С этой целью фибра измельчалась на электрической мельнице в течение различных промежутков времени. Были исследованы три вида фибры: 1 — без измельчения, 2 — время измельчения фибры 15 сек., 3 — время измельчения фибры 30 сек. В таблице 1 приведен химический состав базальтового волокна.

**Таблица 1** – Химический состав базальтового волокна

Содержание оксидов, %								
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mg O	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Ti O <sub>2</sub>	Суммарное содержание остальных оксидов
48,15	16,72	12,66	9,61	4,56	3,54	1,86	1,60	1,25

Затем волокна тонкодисперсной фибры укладывались в делительную воронку и через слой такой загрузки пропускались приготовленные пробы воды, содержащей железо. Скорость фильтрации регулировалась и фиксировалась по объему фильтрата, полученного через каждые 30 минут.

Вторым этапом нашей работы являлось определение концентрации железа в природной воде до и после пропускания через фильтрующий слой базальтовой фибры. Для определения концентраций железа в исследуемых пробах применялся комплексонометрический метод.

Комплексонометрический метод определения концентрации ионов железа. Из тщательно перемешанной пробы отбирают пипеткой 25 мл, помещают в мерную колбу вместимостью 50 мл. Прибавляют 1 мл соляной кислоты, несколько кристалликов персульфата аммония, 1 мл 50% роданида калия или аммония. Доводят объем до 50 мл дистиллированной водой и перемешивают. Через 10 минут фотометрируют при сине-зеленом светофильтре ( $\lambda = 490$  нм) в кюветах толщиной оптического слоя 2-5 см по отношению к дистиллированной воде, обработанной как проба.

Содержание общего железа (мкг) находят по калибровочному графику или визуально по интенсивности окраски пробы и шкалы стандартных растворов. Результаты эксперимента представлены в таблице 2.

**Таблица 2** – Изменение концентрации Fe<sup>2+</sup> при фильтрации растворов через слой волокон базальтовой фибры.

	Содержание в растворе, мкг	
	до фильтрации	после фильтрации
<b>Фибра без помола</b>		
15 мин.	0,168	0,0986
30 мин.	0,168	0,1366
45 мин.	0,168	0,1366
<b>Фибра через 15 сек помола</b>		
15 мин.	0,168	0,05
30 мин.	0,168	0,121
45 мин.	0,168	0,147
<b>Фибра через 30 сек помола</b>		
15 мин.	0,168	0,043
30 мин.	0,168	0,0986
45 мин.	0,168	0,1576

Из вышепредставленного материала можно сделать следующие выводы:

— очевидно, что на поверхности волокон базальтовой фибры происходит физико-химическое взаимодействие с имеющимися в воде примесями, в том числе и железа с содержащимися в фибре оксидным составом;

— необходимо отметить, что волокно базальтовой микрофибры обладает высокой удельной поверхностью, что обуславливает способность тонкодисперсного волокна поглощать из внешней среды мельчайшие частицы;

— при увеличении степени дисперсности волокон микрофибры, что в нашем случае достигается увеличением времени помолы фибры с 15 до 30 секунд, содержание  $Fe^{2+}$  снижается на 7,5% от исходной концентрации;

— скорость фильтрации оказывает влияние на адсорбционную способность базальтовых волокон. Это важно как для использования базальтового волокна при очистке жидкостей от соединений как железа, так и кальция.

#### **Список цитированных источников**

1. Градус, Л.Я Эксплуатация газоочистного оборудования на машино-строительных предприятиях / Л.Я Градус, И.Л. Тарнавский, М.И. Иванова. – М.: Машиностроение, 1988. – 216 с.

2. Влияние базальтовых волокон на прочность мелкозернистых фибробетонов / В.А. Перфилов, М.О. Зубова. // Интернет-Вестник ВолГУСУ, 2015. – Вып 1(37). Режим доступа: [www.vestnikvgasu.ru](http://www.vestnikvgasu.ru).

УДК 621.92.001.891.57:744

*Пилипович А.П., Сидорук Д.И.*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Морозова В.А.*

### **3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОБУСА МАЗ 104 В ГРАФИЧЕСКОМ РЕДАКТОРЕ КОМПАС-3D**

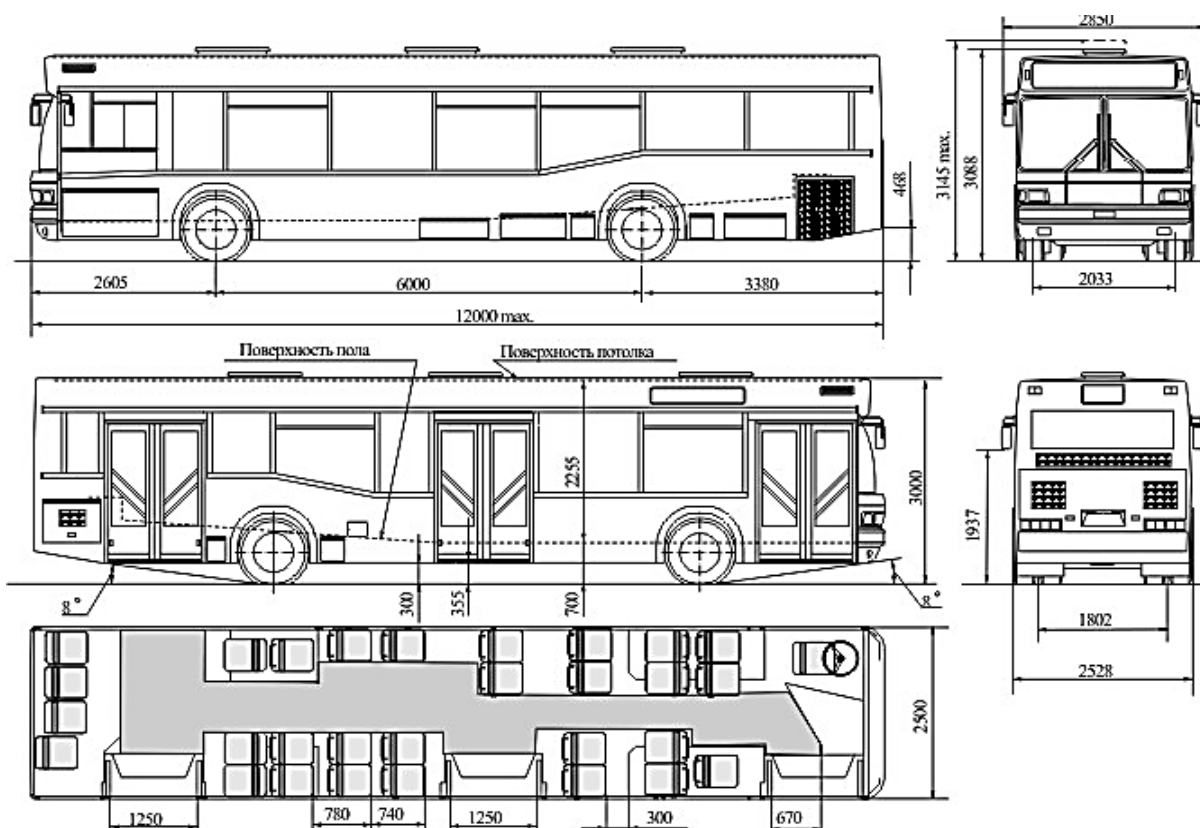
Мы, студенты второго курса машиностроительного факультета, обучающиеся по специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения», решили создать трехмерную модель автобуса МАЗ 104 в графическом редакторе КОМПАС-3D. Мы выбрали для построения 3D модель автобуса, т. к. наша специальность связана не только с технологией изготовления отдельных деталей, но и с технологией сборки любых конструкций. При изучении курса «Инженерная графика» мы работали в графическом редакторе КОМПАС 3D — по заданиям строили твердотельные модели, создавали на их основе чертежи, выполняли сборки и сборочные чертежи. Но нам захотелось самостоятельно изучить более углубленно возможности графического редактора КОМПАС-3D. В итоге у нас получилась трехмерная модель автобуса МАЗ 104, которую можно использовать для последующей презентации при изучении курса лекций «Технология производства и ремонта автомобилей».

**Конструкция автобуса МАЗ 104.** Городской автобус МАЗ 104 разработан на Минском автомобильном заводе. По конструкции унифицирован с автобусом МАЗ 103. Отличается высоким расположением пола.

Автобус МАЗ 104 имеет вагонную компоновку. Кузов цельнометаллический. Обивка салона выполнена из негорючих и нетоксичных материалов. Для входа и выхода пассажиров имеется три двустворчатые двери.

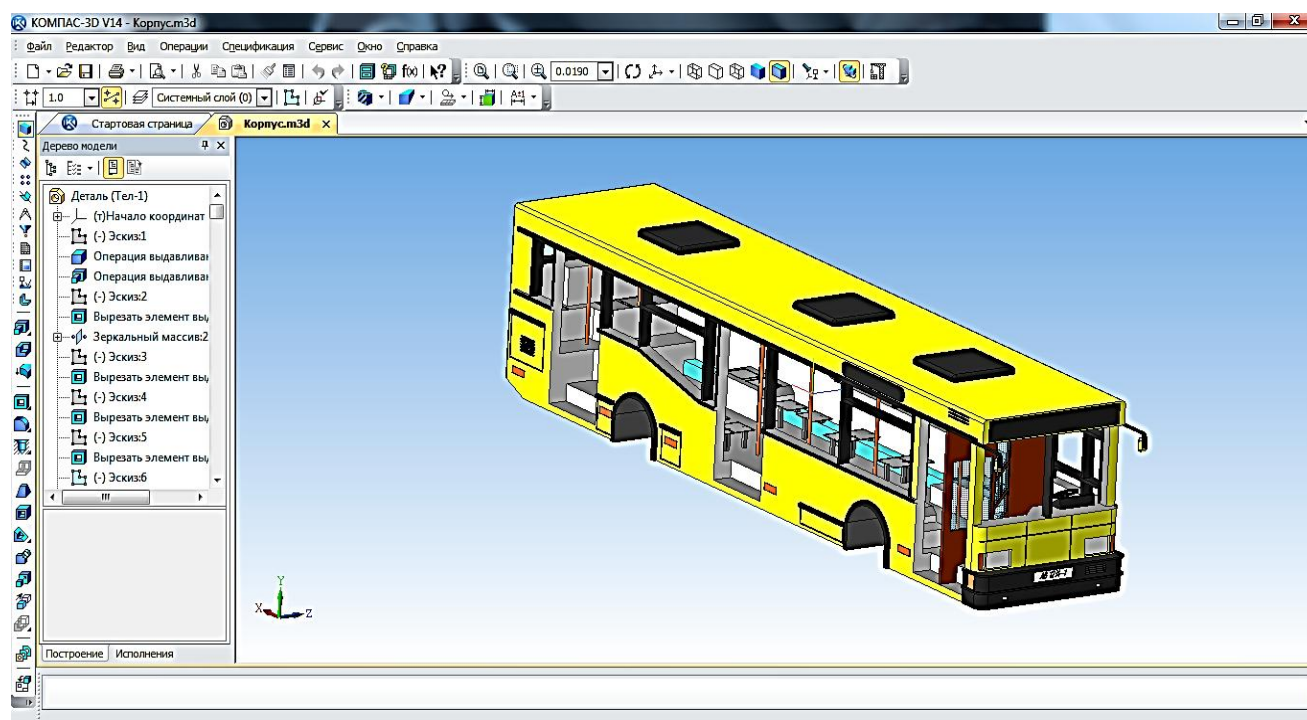
МАЗ 104 предназначен для городских пассажирских перевозок. Может применяться в аэропортах в качестве перронного автобуса. Перронный автобус отличается от городского сокращённым числом мест для сидения.

По имеющимся чертежам общего вида (рис. 1) [1] мы приступили к созданию трехмерной модели автобуса МАЗ 104.



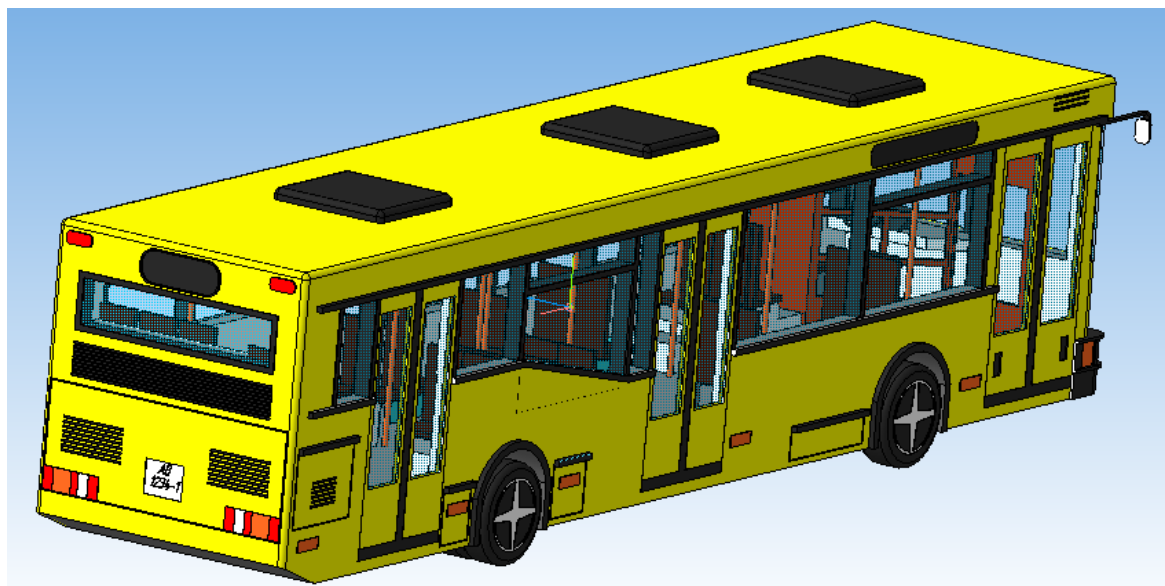
**Рисунок 1 – Основные размеры и планировка автобуса МАЗ 104**

**Моделирование в графическом редакторе КОМПАС-3D.** При создании 3D-деталей в графическом редакторе КОМПАС-3D использовались операции вращения, выдавливания, кинематическая операция [2]. Хотим отметить, что графический редактор КОМПАС-3D очень прост в использовании и самостоятельном освоении его функций. Это доказывает, что основные элементы нашего автобуса, мы смогли выполнить в одной 3D-модели.



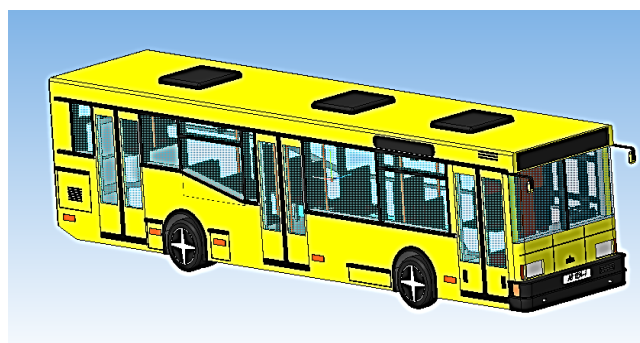
**Рисунок 2 – Окно создания 3D-модели корпуса автобуса МАЗ 104**

При создании сборки использовалось сопряжение компонентов: совпадение, соосность, расположение элементов на заданном расстоянии. Результат нашей работы вы видите на рисунке 3.



*Рисунок 3 – 3D-модель автобуса МАЗ 104*

Для сравнения результатов наглядности 3D-модель автобуса (рис. 4а) и его фото (рис. 4б) можно посмотреть на приведенном рисунке 4.



а)



б)

*Рисунок 4 – Сравнение результатов наглядности*

Мы видим, что трехмерная модель автобуса ничуть не уступает в наглядности его фото. Однако фото — статическое изображение, а 3D модель — можно показывать в динамике, что позволяет четко и ясно демонстрировать проекты заказчикам — в первую очередь тем, кто не является специалистом в техническом черчении.

В настоящее время значительное число конструкторов-машиностроителей в корне поменяли свой подход к процессу проектирования, перейдя от двумерных систем автоматизированного проектирования к трехмерным, реализующим идею выполнения компьютерных моделей с твердотельными свойствами. Этого требуют конкуренция и необходимость сокращения сроков проектирования. Для большинства конструкторов возможность выразить свои разработки в трехмерном виде означает большую творческую свободу и эффективность.

Твердотельное моделирование — более естественный способ выразить суть изделия. Лучшее визуальное представление изделия помогает и на последую-

щих стадиях проекта. Например, из модели можно автоматически получить изображение всех компонентов в разобранном виде и использовать его в качестве иллюстрации в инструкции по сборке.

Тонированные изображения, полученные по объемным моделям, более наглядны по сравнению с двумерными чертежными проекциями, а значит — более предпочтительны для презентаций и технических статей. В дальнейшем эту трехмерную модель автобуса МАЗ 104 можно использовать для последующей презентации при изучении курса лекций «Технология производства и ремонта автомобилей».

#### **Список цитированных источников**

1. Селифонов, В. В., Бирюков, М. К. Устройство и техническое обслуживание автобусов / В. В. Селифонов, М. К. Бирюков. – М.: КЖИ «За рулем» и ИЦ «Академия», 2004. – 312 с.
2. Кидрук, М. И. Компас-3D на 100% (+CD) / М. И. Кидрук. – СПб.: Издательский дом «Питер», 2009. – 560 с.

УДК 691.51

*Тур А.В.*

*Научный руководитель: доцент, к.т.н. Тур Э.А.*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ И ОКРАСОЧНЫХ СОСТАВОВ РЕСТАВРИРУЕМОГО ЗДАНИЯ ПО УЛ. ЧКАЛОВА В Г. БРЕСТЕ**

Научный подход к вопросам реставрации памятников культуры в Республике Беларусь позволяет сохранить её историко-культурное наследие. Реставрация объекта, представляющего историко-культурную ценность, должна опираться на многосторонние комплексные исследования. Комплексные лабораторные исследования отобранных образцов (фрагментов фасадов, штукатурки и т. д.) включают в себя: изучение химического состава раствора с определением процентного соотношения основных компонентов; грануло-метрический анализ, выявляющий путём просеивания сквозь серию сит с разными ячейками распределение заполнителя минерального строительного раствора по фракциям; петрографический анализ — изучение под микроскопом шлифов раствора и других материалов [1].

Количественные соотношения компонентов раствора определяются в основном химическим анализом. Но возможны приближённые подсчёты при микроскопическом изучении образцов. Гораздо большие результаты даёт изучение качественного состава. Наличие тех или иных незначительных, но характерных примесей, особенности строения зёрен песка могут служить свидетельством не только технологических различий, но и использования материалов, добытых в разных карьерах. Микроскопические исследования дают важные результаты при изучении не только растворов, но и окрасочных составов.

Окончательный вывод относительно состава исследуемых материалов может быть сделан лишь на основании всего комплекса проводимых анализов. Правильность полученных результатов во многом зависит от тщательности отбора образцов, которые должны изыматься с разных участков здания или сооружения, во избежание случайных ошибок [2].

Целью данной работы являлось проведение физико-химических исследований минеральных строительных растворов и окрасочных составов реставрируемого здания по ул. Чкалова, д. 3 в городе Бресте и разработка рекомендаций по проведению отделочных работ.

В настоящее время улицы Леваневского и Чкалова для Бреста — как фрагмент Швейцарии, который дает нам представление о польском периоде застройки «усадьбы с палисадниками» архитектора Юлиана Лисецкого. Первоначальный его замысел был сделать город-сад, выходящий в парковую зону. В планах Брестских градостроителей — сохранить эти улицы полностью. Здания, не представляющие архитектурной и исторической ценности, в будущем предполагается снести, а на их месте построить дома в 2 этажа с использованием альбома проектов Юлиана Лисецкого. Разрабатывая проект новой жилой застройки в Бресте-над-Бугом, архитектор Ю. Лисецкий предложил оригинальное архитектурно-планировочное решение. В его основу была положена получившая в те годы широкое распространение концепция города-сада.

По проекту Ю. Лисецкого на западной стороне ул. Унии Любельской размещались административные здания, а за ними — жилой поселок для семей чиновников и городской интеллигенции. Он разделялся на три части, или колонии. Самая крупная — колония с первоначальным названием «Колеева» предназначалась для наиболее важных граждан Бреста-над-Бугом. В своем проекте Юлиан Лисецкий использовал так называемый «национальный стиль» (*styl narodowy*). Его характерные особенности — высокие крыши или аттики, колоннады и пилястры, порталы и оригинальное обрамление окон. Внутренняя планировка — традиционная для польской шляхетской усадьбы: на первом этаже размещаются гостиная, кабинет, кухня и столовая, а в мансарде — спальня.

Здание по ул. Чкалова, 3 предполагается реконструировать. С 2007 года здание является историко-культурной ценностью в составе исторического центра Бреста категории «2».

Анализ образцов выполнялся по стандартным методикам выполнения измерений. Для анализа представленных образцов применяли микрохимический, гранулометрический и петрографический методы исследований [1, 2, 3]. Основными задачами петрографических исследований являлись: диагностика минеральных материалов и определение количественно-минералогического и химического состава растворов. Состав минералов определяли иммерсионным методом (определения показателей преломления), основанным на погружении зерен минералов в различные жидкости и сравнении показателей преломления минерала и жидкости.

Гранулометрический состав наполнителей строительных растворов определяли ситовым методом. Он характеризуется содержанием в растворе зерен различной крупности и определяется просеиванием средней пробы через сита. Набор стандартных сит для просеивания песка включал сита с отверстиями 10; 5; 2,5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125; 0,63; 0,315 и 0,16 мм. Сита с отверстиями 10 и 5 мм служат для выявления засоренности песка зернами гравия или щебня.

Пробу сухого раствора, разрушенного вручную или при помощи лабораторного пресса, массой 100 г высыпали на сито с отверстиями 2,5 мм, под которым располагали остальные сита (в порядке последовательного уменьшения размеров отверстий) и поддон. После просеивания раствора через сита ручным встряхиванием определяли частные остатки на ситах, выражаемые в процентах к общей массе пробы, и полные остатки, которые получились бы на каждом сите, если бы всю пробу раствора просеивали только сквозь него. Полные остатки находили суммированием частных остатков на данном сите и всех ситах с более

крупными отверстиями. Сквозь мелкое сито с отверстиями 0,16 мм проходило не более 5% массы пробы.

Цвета лакокрасочных покрытий и отделочных составов указаны по современному каталогу «3D plus System» компании «CAPAROL», который используется в настоящее время архитекторами. Цвет покрытия определяли путём визуального сравнения образца с эталонной типографской выкраской [3]. Для устранения метамерии определение цвета проводили при рассеянном естественном освещении.

Определение водородного показателя водной вытяжки растворов осуществлялось потенциометрическим методом при помощи рН-метра HANNA HI 98127. Метод основан на изменении разности потенциалов, возникающих на границах между внешней поверхностью стеклянной мембраны электрода и исследуемым раствором, с одной стороны, и внутренней поверхностью мембраны и стандартным раствором, с другой стороны.

Были исследованы штукатурные и затирочные известково-цементно-песчаные и известково-песчаные растворы. В результате проведенных исследований выявлено, что соответствующие растворы практически не отличались соотношением компонентов и составом.

Результаты исследования основных растворов:

— известково-песчаный штукатурный раствор песочного цвета состава 1:5. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно средней (0,5–0,25 мм) фракции. Содержание фракции 0,5–0,25 мм составило около 47% от массы наполнителя, фракции 0,25–0,125 мм — около 24%, фракции 1,0–0,5 мм — около 27%. Количество частиц с размером зерна более 1 мм составило около 2%. Минеральный состав наполнителя — кварцевый песок. Раствор легко разрушается, отсутствует сцепление между его компонентами. Цвет раствора и гранулометрический состав наполнителя характерен для известково-песчаных растворов конца XIX — начала XX века;

— известково-цементно-песчаный штукатурный раствор серого цвета состава 1:1:9–1:1:10. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно средней (0,5–0,25 мм) и мелкой (0,25–0,125 мм) фракции. Содержание фракции 0,5–0,25 мм составило около 47% от массы наполнителя, фракции 0,25–0,125 мм — около 41%, фракции 1,0–0,5 мм — около 11%. Количество частиц с размером зерна более 1 мм составило около 1%. Минеральный состав наполнителя — кварцевый песок. Раствор легко разрушается, отсутствует сцепление между его компонентами из-за недостаточного количества вяжущего. Очевидно, раствор при изготовлении был плохо вымешан, так как в нём присутствуют крупные отдельные участки неразмешанного цемента размером 0,5–0,9 см и крупные вкрапления извести размером от 1–3 мм до 0,5–0,9 см;

— цементно-песчаный штукатурный раствор тёмно-серого цвета состава 1:3. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно средней (размер зерна 0,5–0,25 мм) и крупной (размер зерна 1,0–0,5 мм) фракции. Содержание фракции с размером зерна 0,5–0,25 мм составило около 38% от массы наполнителя, фракции 0,25–0,125 мм — около 21%, фракции 1,0–0,5 мм — около 37%. Количество частиц с размером зерна более 1 мм составило около 4%. Минеральный состав наполнителя — кварцевый песок. Раствор сохранил очень высокую прочность. В растворе присутствуют отдельные включения полевого шпата и кусочки керамического кирпича размером 3–5 мм и более (до 8 мм);

— цементно-песчаный затирочный раствор тёмно-серого цвета состава 1:3. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно



мелкой (размер зерна 0,25–0,125 мм) фракции. Минеральный состав наполнителя — кварцевый песок.

Лицевая поверхность основной плоскости стены главного фасада окрашена составом на минеральной основе белого цвета. Цвет покрытия близок к образцу «Off White». Отмечены следы сильной деструкции, в том числе меление и микротрещины. Лицевая поверхность карниза и пилястры окрашены составом на минеральной основе грязно-белого цвета. Цвет покрытия близок к образцу «Umbra-weib». Отмечены следы деструкции, в том числе сильное меление. Лицевая поверхность колонн окрашена составом на минеральной основе светлого блекло-розового цвета. Цвет покрытия близок к образцу «Lachs 30». Отмечены следы деструкции, в том числе сильное меление. Кроме того, состав подвергся фотоокислительной деструкции и, возможно, первоначально был на тон темнее, т. е. «Lachs 25». Лицевая поверхность цоколя окрашена составом грязно-белого цвета на основе полимерного плёнкообразующего. Цвет покрытия близок к образцу «Aquarell 30». Отмечены следы деструкции, в том числе очень сильное меление. Лицевая поверхность фронтона окрашена составом на минеральной основе грязно-белого цвета с розовым оттенком. Цвет покрытия близок к образцу «Sameo 60». Отмечены следы деструкции, в том числе сильное меление.

Выяснить, каким составом первоначально были окрашены плоскость стены главного фасада, фронтон, цоколь, поверхность карниза и пилястры, а также колонны, не представилось возможным. Промежуточного окрасочного состава не обнаружено. Предположительно, он полностью удалён с поверхности.

Цветовое решение по окраске плоскости стены главного фасада, цоколя, колонн, фронтона, карниза и пилястры рекомендуется выполнить на основании подтверждённых архивных данных (сохранившихся фотографий, рисунков или текстовых документов). Рекомендации основаны на том, что ранние окрасочные составы на представленных заказчиком образцах не сохранились. При проведении исследований были обнаружены только более поздние окрасочные составы, нанесённые на современные цементно-песчаные штукатурные составы.

Здание многократно штукатурилось, затиралось и перекрашивалось составами на минеральной основе. Ранние штукатурные работы производились из известково-песчаными составами, поздние — известково-цементно-песчаными и цементно-песчаными составами. Отмечено, что поверх не удалённых ранних минеральных составов нанесена современная цементосодержащая штукатурка, сохранившая высокую прочность.

При проведении реставрационных работ следует учитывать, что оригинальная штукатурка выполнена известково-песчаными (бесцементными) составами, обладающими высокой пористостью, газо- и паропроницаемостью. В связи с этим к материалам, используемым при проведении реставрационных работ, предъявляются следующие требования: материалы по своим эксплуатационным характеристикам должны быть аналогичны первоначальным; они должны быть химически совместимы с оригинальными и обладать высокой щёлочестойкостью [4].

Поэтому предлагается следующая схема проведения ремонтно-реставрационных работ:

- удаление всех имеющихся слоёв окрасочных составов, деструктированных (разрушенных) фрагментов штукатурного слоя;
- подготовка поверхности под окраску: восполнение утраченных фрагментов штукатурки, по необходимости — новые штукатурные работы;
- грунтование поверхности фасадов;
- окрашивание поверхности фасадов.

Все отделочные слои фасада здания (штукатурку, окрасочные составы) следует механически удалить до основания. Для этого необходимо использовать

жёсткие щётки, а также скребки и шпатели. Допускается промывка поверхности холодной водой под давлением.

Для восстановления штукатурного слоя рекомендуется использовать штукатурные смеси на основе известкового вяжущего, не содержащие цемента, обладающими водостойкостью, высокой паропроницаемостью и адгезией к основанию. В частности рекомендуется штукатурная сухая смесь, специально предназначенная для выполнения реставрационных штукатурных работ по основаниям исторических зданий и памятников архитектуры, где требуется применение растворов, не содержащих цементное вяжущее. Для выравнивания неровно затёртой штукатурки и затирки микротрещин рекомендуется использовать известковую затирку на основе диспергированной белой извести [5].

Перед окраской поверхность следует обработать грунтовкой, изготовленной на основе высокоактивной гидратной извести. Грунтовка должна обладать высокой паропроницаемостью, максимально приближенной к значению паропроницаемости минеральных составов. Грунтование проводится с целью уменьшения водопоглощения основания и улучшения адгезии к основанию последующего слоя лакокрасочного покрытия.

Окрашивание поверхности следует проводить составами, формирующими покрытие с высокой паропроницаемостью и низким водопоглощением. Для этого в наибольшей степени подходят водно-дисперсионные краски, модифицированные силиконовыми смолами и содержащие силикаты. Такие краски образуют наиболее микропористое покрытие, гидрофобное покрытие с низким грязеудержанием и могут наноситься на высокощелочные основания известковых штукатурок. Могут применяться также высококачественные известковые краски, специально предназначенные для реставрационных работ по известковым основаниям, имеющие хорошую паропроницаемость [4].

#### **Список цитированных источников**

1. Никитин, Н. К. Химия в реставрации: справ. пособие / М.К. Никитин, Е.П. Мельникова. – Л.: Химия, 1990. – 304 с.
2. Ратинов, В.Б. Химия в строительстве / В.Б. Ратинов, Ф.М. Иванов. – М.: Стройиздат, 1969. – 198 с.
3. Ивлиев, А.А. Реставрационные строительные работы / А.А. Ивлиев, А.А. Калыгин. – М.: ПрофОбрИздат, 2001. – 272 с.
4. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке. – пер. с англ. под ред. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.
5. Фрессель, Ф. Ремонт влажных и повреждённых солями строительных сооружений / Ф. Фрессель. – М.: ООО «Пэйнт-медиа», 2006. – 320 с.

УДК 621.311.25

***Хартонович К.В., Писарев Ю.О.***

***Научный руководитель: м.т.н., ст. преподаватель Янчилин П.Ф.***

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА В ДВА ПЕРИОДА ГОДА (ХОЛОДНЫЙ И ТЕПЛЫЙ)**

Целью исследования является эффективность работы элементов центрального кондиционера в реальных условиях и технических характеристик, предоставляемые заводом изготовителем.

Исследования проводились на лабораторном стенде «Центральный промышленный кондиционер КЦ-ТК-1,6-6/3» (производство «Альтернатива») в лаборатории университета.

Кондиционер представляет собой каркасную металлическую конструкцию блочного типа, установленную на сварной раме, из труб квадратного сечения. Каркас выполнен из алюминиевого профиля. На каркас крепятся панели, выполненные из стальных оцинкованных листов, заполненные теплоизоляционным материалом. Зона обслуживания кондиционера — слева по ходу движения приточного воздуха. На стороне зоны обслуживания расположены съёмные панели (двери) для доступа к функциональным элементам кондиционера. К блоку теплообмена с теплообменником пластинчатым (общим для приточного и вытяжного канала) присоединяется последовательно блок воздухоподготовки приточного канала.

**Исследование в холодный период года.** Первым мы исследовали работу пластинчатого теплообменника.

Рекуператор — теплообменник поверхностного типа для использования теплоты отходящих газов, в котором теплообмен между теплоносителями осуществляется непрерывно через разделяющую их стенку.

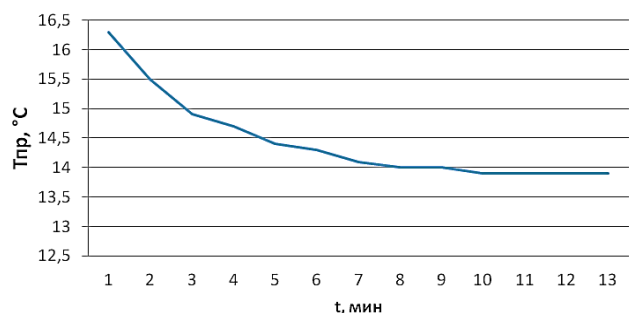
Пластинчатый теплообменник является самым распространенным из применяемых, из-за его низкой стоимости и небольших размеров. Он применяется в системах с небольшими расходами воздуха, где необходимо предотвратить риск перетока вытяжного и приточного воздуха.

Измерения проходили в течение 12 минут (данные измерений приведены в таблице 1). По данным, полученным в ходе исследования, были построены графики (график 1 и 2).

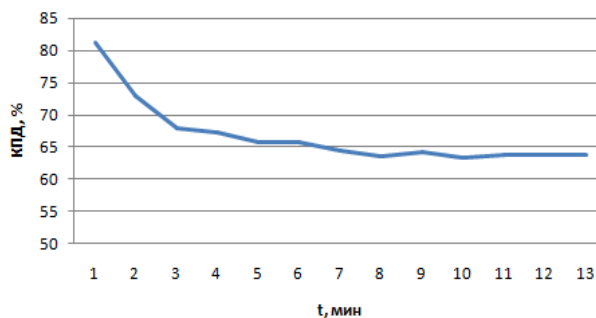
**Таблица 1**– Данные измерений рекуператора

Показатель	Время (t), мин												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$T_n, ^\circ\text{C}$	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
$T_{пр}, ^\circ\text{C}$	16,3	15,5	14,9	14,7	14,4	14,3	14,1	14	14	13,9	13,9	13,9	13,9
$\phi, \%$	49,5	51,6	53,3	54,2	55,1	55,7	56	56,3	56,7	57	57,2	57,3	57,3
$T_{выт}, ^\circ\text{C}$	18,4	18,6	18,6	18,4	18,2	18	17,9	17,9	17,8	17,8	17,7	17,7	17,7
$T_{рек}, ^\circ\text{C}$	15,1	14,3	13,6	13,1	12,8	12,7	12,6	12,4	12,6	12,5	12,5	12,5	12,3
$\eta, \%$	81,3	72,8	67,8	67,3	65,8	65,7	64,5	63,6	64,2	63,2	63,8	63,8	63,8

По графику 1 видно, что  $T_{пр}$  на первоначальном этапе опыта значительно уменьшается, но затем перепад температур с каждым измерением всё меньше. Это можно объяснить тем, что кондиционер до начала исследований находился в нерабочем состоянии, в результате чего его элементы были нагреты внутренним воздухом, поэтому  $T_{пр}$  и была изначально больше, но после начала выравниваться, что объясняется работой рекуператора в нормальном режиме.



**График 1** – Зависимость изменения температуры приточного воздуха от времени



**График 2** – Зависимость изменения КПД рекуператора от времени

По графику 2 видно, что в начале исследования коэффициент полезного действия рекуператора высок (81,3%), это можно объяснить тем же, что было сказано ранее. На 7 минуте опыта мы видим, что рекуператор начал работать в оптимальном режиме.

Затем мы изучили работу калорифера и сняли необходимые измерения, которые приведены ниже (таблица 2).

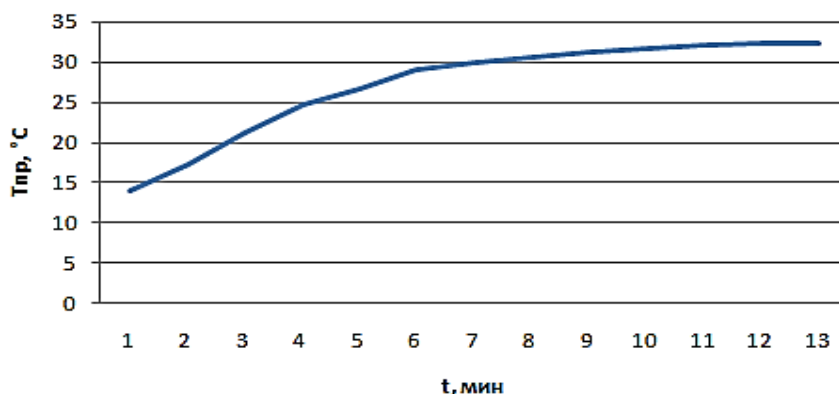
Калорифер — прибор для нагревания воздуха в помещении, выполненный из медных трубок с алюминиевым оребрением, по которым циркулирует теплоноситель.

**Таблица 2** – Данные измерений калорифера

Показатель	Время (t), мин												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$T_{н}, ^\circ\text{C}$	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
$T_{пр}, ^\circ\text{C}$	13,9	17,3	21,2	24,6	26,6	29,1	29,9	30,7	31,2	31,8	32,1	32,4	32,4
$\phi, \%$	57,3	46,4	40,1	32	31	28	22,6	21,7	20,8	20,3	19,9	20	20
$T_{\text{выт}}, ^\circ\text{C}$	17,7	17,7	17,9	18,2	18,6	19,2	19,6	19,8	20,3	20,6	20,9	21,1	21,1
$T_{\text{рек}}, ^\circ\text{C}$	12,3	12,3	12,1	12,3	12,5	12,5	12,5	12,6	12,6	12,7	12,9	12,9	12,9
$\eta, \%$	63,8	51,4	54,2	53,6	53,5	55,8	57,3	57,1	58,8	59	58,4	59	59

По приведенному графику 3 видно, что на первоначальном этапе опыта приточный воздух обладает высокой влажностью и низкой температурой, но затем влажность резко уменьшается, а температура увеличивается. Это можно объяснить тем, что мы проводили данный эксперимент сразу, после исследования рекуператора, в котором приточный воздух охлаждался, а влажность приточного воздуха увеличивалась. Но далее заметно, что параметры приточного воздуха выравниваются, это говорит о том, что калорифер начинает работать в нормальном режиме.

Увлажнение воздуха осуществляется с помощью пароувлажнителя. Пар, вырабатываемый в пароувлажнителе при нагреве воды, по шлангам поступает в распределитель паровой. Распределитель представляет собой трубу из нержавеющей стали с отверстиями для выхода пара. Приточный воздух, насыщенный влагой, подается в обслуживаемое помещение.

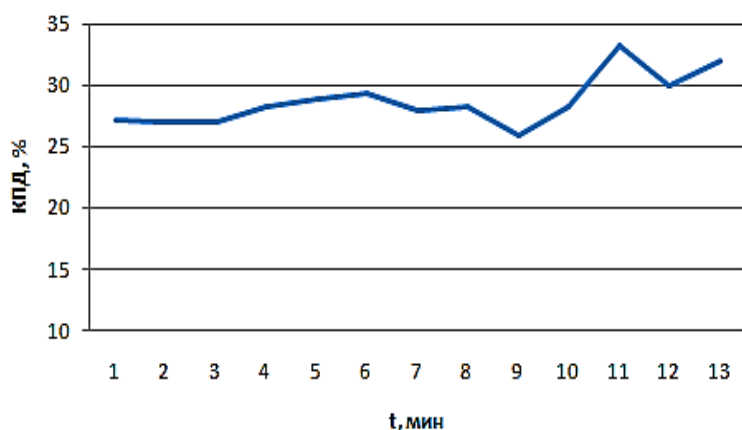


**График 3** – Зависимость изменения температуры притока от времени

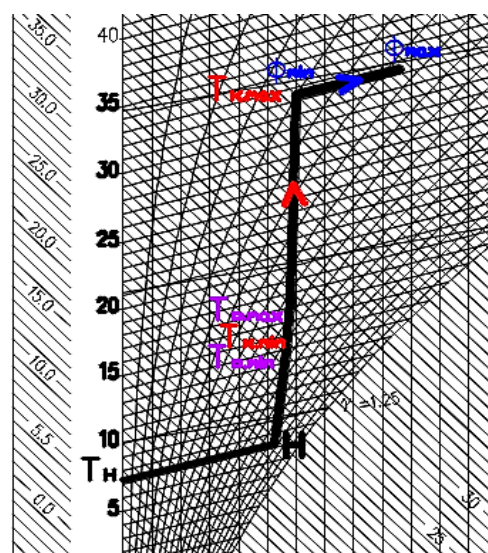
В ходе исследования пароувлажнителя достаточно измерить лишь влажность в приточном воздухе. По данным фирмы-производителя на входе в пароувлажнитель влажность воздуха — 4%, а на выходе — 40% (при нормальной работе пароувлажнителя), по данным полученным опытным путём, имеем: на входе влажность приточного воздуха — 27,2%, а на выходе — 32%.

**Таблица 3** – Данные измерений пароувлажнителя

Показатель	Время (t), мин												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$T_n, ^\circ\text{C}$	7,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$T_{пр}, ^\circ\text{C}$	32,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\phi, \%$	27,2	27	27	28,3	28,9	29,3	27,9	28,2	25,9	28,2	33,3	29,9	32
$T_{в\text{ит}}, ^\circ\text{C}$	21,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$T_{рек}, ^\circ\text{C}$	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\eta, \%$	58,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



**График 4** – Зависимость изменения влажности от времени



**Диаграмма 1** – Процессы изменения состояния влажного воздуха на I-d-диаграмме

По данным, полученным в результате исследования работы пароувлажнителя, мы построили график 4, по которому видно, что на 10 минуте он начинает работать в нормальном режиме. До этого он работал на прогревание внутренних поверхностей камеры.

Все полученные данные по изменению состояния воздуха в элементах центрального промышленного кондиционера мы отобразили на I-d-диаграмме (диаграмма 1), где точка Н — наружный воздух, У — удаляемый воздух.

**Исследования в теплый период года.** Первым мы исследовали работу пластинчатого теплообменника.

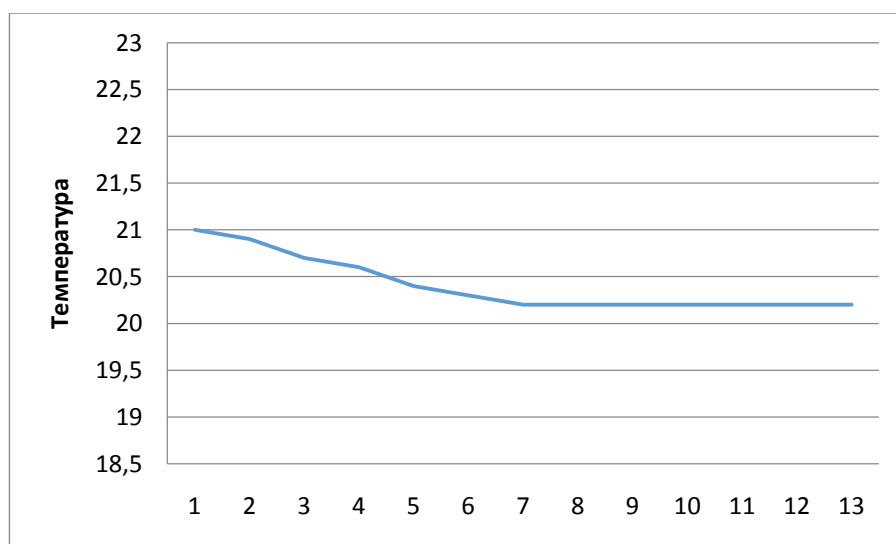
*Рекуператор* — теплообменник поверхностного типа для использования теплоты отходящих газов, в котором теплообмен между теплоносителями осуществляется непрерывно через разделяющую их стенку.

Пластинчатый теплообменник является самым распространенным из применяемых, из-за его низкой стоимости и небольших размеров. Он применяется в системах с небольшими расходами воздуха, где необходимо предотвратить риск перетока вытяжного и приточного воздуха.

Измерения проходили в течение 12 минут (данные измерений приведены в таблице 4). По данным, полученным в ходе исследования, был построен график 5.

**Таблица 4** – Данные измерений рекуператора

Показатель	Время (t), мин												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Приток													
$T_{вх}$	24,9	24,8	24,8	24,9	24,8	25	25	24,9	25,1	25,1	25	25,1	25
$\phi$	64,9	64,9	65,1	65	65	65,1	65	65	65	64,8	64,9	64,9	65
$T_{вых}$	21	20,9	20,7	20,6	20,4	20,3	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2
$\phi$	83	84	84	85	86	87	87	87	87	86,9	87	87	87
Вытяжка													
$T_{вх}$	17,5	17,3	17	16,9	16,5	16	16,1	16,1	16	16,1	16,1	16	16
$\phi$	60,3	60	57,9	57,6	57,4	57	57	57	57,2	57,2	57	57	57
$T_{вых}$	21,4	21,4	21,2	21,2	21	20,8	20,8	20,9	20,8	20,8	20,9	20,9	20,8
$\phi$	47	46	45	44	43	42	42	42,2	42,2	42	42	42	42,1
$\eta$						53	53	53	53	53	53	53	53



**График 5** – Зависимость изменения температуры приточного воздуха от времени

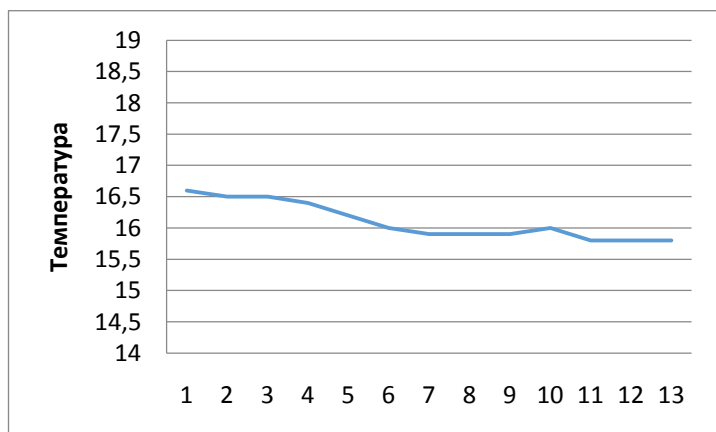
По данному графику 5 видно, что  $T_{пр}$  на первоначальном этапе опыта значительно уменьшается, но затем перепад температур с каждым измерением всё меньше. Это можно объяснить тем, что кондиционер до начала исследований находился в нерабочем состоянии, в результате чего его элементы были нагреты внутренним воздухом, поэтому  $T_{пр}$  и была изначально больше, но после начала выравниваться, что объясняется работой рекуператора в нормальном режиме.

Затем мы изучили работу воздухоохладителя и сняли необходимые измерения, которые приведены ниже (таблица 5).

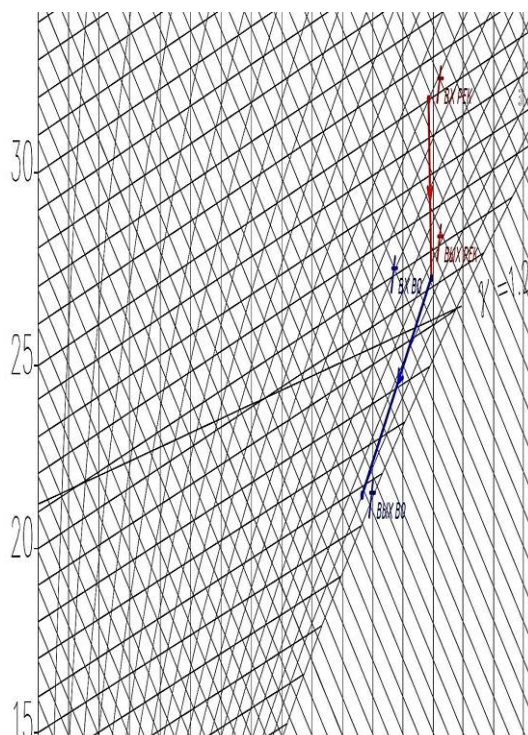
*Воздухоохладитель* — прибор для охлаждения воздуха в помещении, выполненный из медных трубок с алюминиевым оребрением, по которым циркулирует хладагент.

**Таблица 5** – Данные измерений воздухоохладителя

Показатель	Время (t), мин												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$T_{вх}$	21	20,9	20,7	20,6	20,3	20,2	20,2	20,1	20,1	20,2	20,2	20,2	20,2
$\phi$	83	84	84	85	86	87	87	87	87	86,9	87	87	87
$T_{вых}$	16,6	16,5	16,5	16,4	16,2	16	15,9	15,9	15,9	16	15,8	15,8	15,8
$\phi$	90	89	91	93	94	95	95	95	96	95	95	95	95



**График 6** – Зависимость изменения температуры притока от времени



**Диаграмма 2** – Процессы изменения состояния влажного воздуха на *id*-диаграмме

Все полученные данные по изменению состояния воздуха в элементах центрального промышленного кондиционера мы отобразили на *i-d*-диаграмме (диаграмма 2), где точка *N* — наружный воздух, *У* — удаляемый воздух.

**Заключение.** В данной статье мы исследовали работу элементов центрального промышленного кондиционера в разные периоды года и сравнивали полученные результаты с техническими характеристиками. В результате, по полученным экспериментальным данным, построенным графикам и диаграммам, мы определили, что технические характеристики отличаются от полученных, так как были получены в других условиях, отличных от наших.

## УДАЛЕНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

Целью настоящей работы является исследование процессов денитрификации и дефосфатирования, разработка технологии удаления биогенных элементов на очистных сооружениях городской канализации.

В настоящее время изменились приоритеты в технологии очистки сточных вод, направленные в первую очередь на глубокое удаление биогенных элементов. Данный факт связан в первую очередь с интенсивно развивающимися процессами эвтрофикации поверхностных водоемов.

Наиболее существенное значение в процессах очистки сточных вод имеют соединения азота и фосфора. Данные элементы вызывают эвтрофикацию водоёмов, ухудшение кислородного режима водоёмов, повышенный рост водорослей, угнетение жизни рыб, делают воду непригодной для питья.

Соотношение БПК:N:P на входе в блок биологической очистки сточных вод должно быть в пределах 100:5:1, и в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-202-2010 следует предусматривать добавки биогенных элементов в аэротенки [1].

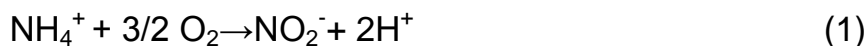
Однако соединения азота и фосфора в избытке, попадая в поверхностные водоемы, вызывают бурный прирост водорослей, приводят к резкому снижению количества растворенного кислорода в водоеме, угнетению жизни рыб и так называемому «цветению воды». Такие водоемы не пригодны для купания и забора воды для хозяйственно-питьевых целей.

Сущность биологического метода удаления азота из сточных вод состоит в трансформации азота из связанного в газообразное состояние при помощи микроорганизмов активного ила.

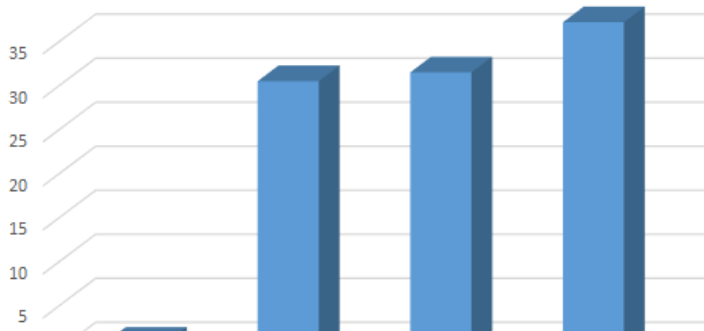
Обычно в городских сточных водах содержится 20–50 мг/л соединений азота, в основном в виде аммиака или производных аммония ( $\text{NH}_4$  и  $\text{NH}_3$ ) и таких органических веществ, которые в процессе обработки легко превращаются в аммоний [2].

Так, например, процентное соотношение различных форм азота в поступающей на очистку сточной воде г. Барановичи выглядит следующим образом (рис. 1):

Процесс биологической трансформации азота протекает в две стадии [3, 4]. Первая стадия заключается в превращении соединений азота аммонийных солей в нитриты, а затем в нитраты. Данный процесс называется нитрификацией, и протекает он по следующим уравнениям:



Процесс нитрификации осуществляется группами бактерий хемоавтотрофов: *Nitrosomonas* и *Nitrobacter*. В активном иле их количество колеблется в пределах до 10% от общей биомассы.



**Рисунок 1** – Процентное соотношение форм азота и фосфора в сточной воде



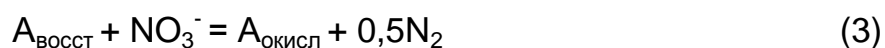
На скорость нитрификации большое влияние оказывает концентрация растворенного кислорода. Оптимальное значение растворенного кислорода для эффективного протекания нитрификации находится в диапазоне 2–4 мг/л. Концентрация растворенного кислорода выше 4 мг/л не влияет на скорость нитрификации, содержание растворенного кислорода менее 1 мг/л является лимитирующим и существенно замедляет процесс нитрификации. Оптимальное значение возраста ила — не менее 6–9 суток.

К ингибиторам нитрификации, замедляющим либо прекращающим процесс, относят тяжелые металлы, СПАВ, фенолы, амины.

В процессе второй стадии трансформации азота, азот нитратный превращается в соединения газообразного азота и удаляется в атмосферу. Данный процесс называется денитрификацией.

Процесс денитрификации протекает без присутствия свободного кислорода и связан со способностью некоторых микроорганизмов в процессе своей жизнедеятельности использовать связанный кислород из нитратов (нитратное дыхание активного ила). Условия протекания денитрификации называют аноксидными.

Восстановление азота до газообразных форм требует наличие энергетического субстрата:



В качестве субстрата может быть использован метанол, различные кислоты низшего ряда, либо использован внутренний источник углерода в неочищенной сточной воде (ее легкоокисляемой части).

В активном иле преобладают бактерии группы *Pseudomonas*, из общей массы ила способны использовать для дыхания кислородосодержащие соединения азота 70–80% микроорганизмов. Постоянное повторение цикла содержания ила в аноксидных условиях приводит к накоплению и укреплению сообщества денитрифицирующих микроорганизмов.

Влияние растворенного в воде кислорода рассматривают в сочетании с концентрацией органических веществ, используя значение окислительно-восстановительного потенциала (минус 100-200 мВ), концентрацию растворенного кислорода в зоне денитрификации следует снижать до минимального уровня. Ингибиторами денитрификации являются те же вещества, что и для нитрификации.

В неочищенной сточной воде фосфор содержится в следующих видах: ортофосфаты, полифосфаты, фосфор органический растворенный, фосфор органический взвешенный, фосфор общий [5].

В отличие от азота, который может выводиться из системы в газообразном состоянии при денитрификации, фосфор распределяется между илом и очищенной водой. Биологическое, не связанное с применением реагентов, удаление фосфора заключается только в выводе его в составе избыточного активного ила. С увеличением массы избыточного ила возрастает масса удаляемого фосфора, но это входит в противоречие с накоплением в иле нитрифицирующих бактерий в результате вывода их вместе с приростом ила. Поэтому для увеличения вывода фосфора необходимо увеличить его содержание в клеточном веществе бактерий. Клетки обычного ила в аэротенках содержат 1,5–2% фосфора, следовательно, в 28–32 г избыточного ила содержится 0,4–0,6 г фосфора. Если количество фосфора в иле удастся увеличить, будет снижаться его концентрация в очищенной воде.

Некоторые микроорганизмы природного биоценоза способны накапливать фосфор (фосфораккумулирующие бактерии (ФАО) или Р-бактерии). Избыточное количество фосфора в клетке, большее, чем потребность для размножения бактерий, наблюдается при чередовании анаэробных и аэробных (аноксидных) условий при перемещении ила по биоблоку.

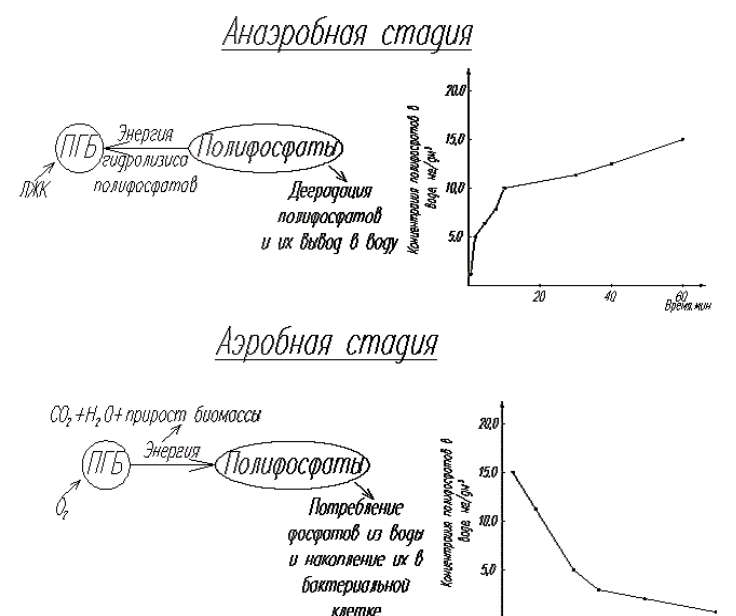
В анаэробных условиях, когда в иловой смеси нет растворенного химически связанного кислорода (в форме нитритов и нитратов), микроорганизмы активно ила приспосабливаются к экстремальным условиям, включая в систему дыхания процессы трансформации фосфора. Бактерии выводят фосфор в виде ортофосфатов и продуцируют низшие кислоты жирного ряда (это характерно для кислого брожения органических веществ загрязнений в сточных водах в анаэробных условиях).

В аэробных условиях микроорганизмы активно поглощают и накапливают фосфаты в виде полифосфатов. Таким образом, чередование анаэробных и аэробных

условий вызывает миграцию фосфора из клеток в воду и обратно (рис. 2). Если из системы выводить ил в момент наибольшего поглощения фосфора (конец аэробной зоны), то можно удалить его из системы, не нарушая баланс природы и вывода биомассы нитрифицирующих бактерий.

Накопление полифосфатов в активном иле зависит от состава примесей в сточных водах интенсивности перемешивания иловой смеси, способности микроорганизмов, находящихся в иловой смеси, адаптироваться к анаэробным условиям.

Технология биологического удаления биогенных элементов



**Рисунок 2** – Метаболизм ФАО в анаэробных и аэробных условиях

получила название «Денифо» и основана на сочетании анаэробно-аноксидно-оксидных условий обработки смеси активного ила и очищаемой сточной воды [6].

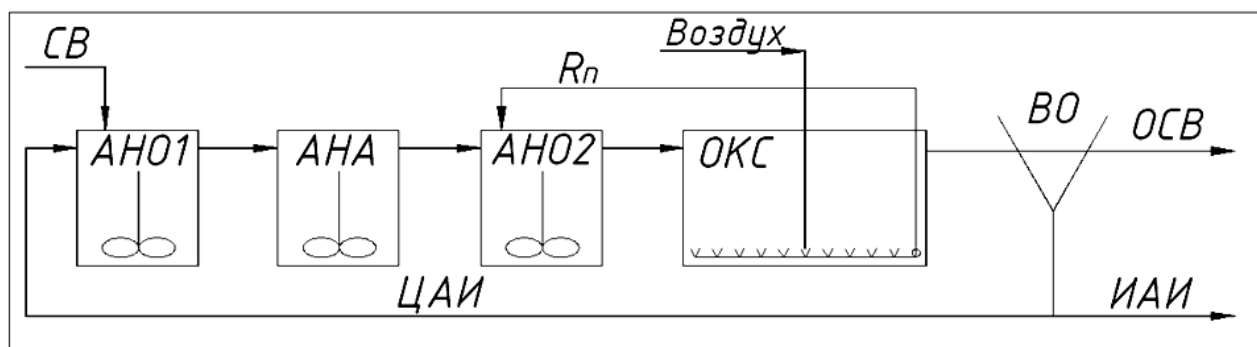
При очистке разбавленных сточных вод с низким содержанием легкоокисляемой органики рекомендуется подача в анаэробную зону сточных вод без первичного отстаивания или осветленных сточных вод, содержащих продукты ацидофикации (сбраживания) сырого осадка [7].

Технологическая схема установки представляет собой видоизмененную схему JNB modification.

Предложенная многоступенчатая технологическая схема с предшествующей денитрификацией является технологически целесообразной и экономически выгодной, так как в процессе наладки и эксплуатации позволяет варьировать многими параметрами, легко реализуется в типовых коридорных аэротенках, обеспечивает окисление части органических веществ (снижение БПК<sub>5</sub>) без затрат воздуха, что снижает его расход в целом по аэротенку.

Варьируемые параметры установки: суммарная продолжительность обработки сточной воды (8–12 ч) и в каждой зоне (соотношение объемов всех зон);

кратность циркуляции активного ила ( $R_n$ ); кратность циркуляции нитратсодержащей смеси ( $RNO_3$ ); возраст и концентрация ила; распределение подачи сточных вод. Технологическая схема установки представлена на рисунке 3.



*АНО 1 — первая аноксидная зона (предденитрификатор); АНА — анаэробная зона дефосфатирования активного ила; АНО 2 — вторая аноксидная зона (денитрификатор); ОКС — оксидная зона (нитрификатор); ВО — вторичный отстойник; СВ — подача предварительно осветленных сточных вод; ОСВ — очищенная сточная вода;  $R_n$  — рециркуляция нитратсодержащей иловой смеси; ЦАИ — циркулирующий активный ил; ИАИ — избыточный активный ил.*

**Рисунок 3** – Технологическая схема установки

**Заключение.** Биологические методы очистки сточных вод являются наиболее экологически безопасными и дешевыми методами очистки сточных вод.

Внедрение технологических схем с глубоким удалением азота и фосфора имеет следующие преимущества: достижение высоких требований к качеству очищенных сточных вод и улучшение экологической обстановки поверхностных источников; сокращение потребления электроэнергии за счет уменьшения количества подаваемого воздуха на пневматическую аэрацию (в аноксидных и анаэробных зонах); уменьшение прироста активного ила, и как следствие, снижение затрат на перекачку и утилизацию избыточного активного ила.

Применение технологических схем с глубоким удалением азота и фосфора позволит улучшить экологическое состояние поверхностных источников в нашей стране и в странах Западной Европы, куда течет большинство рек Беларуси.

#### Список цитированных источников

1. Очистные сооружения сточных вод. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.01-202-2010 (02250)
2. Канализация населённых мест и промышленных предприятий / под ред. В.Н. Самохина. – 2-е изд., – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
3. Яковлев, С.В. Биохимические процессы в очистке сточных вод. – М.: Стройиздат, 1980. – 200 с.
4. Голубовская, Э.К. Микроорганизмы очистных сооружений. – Л.: ЛИСИ, 1985. – 74 с.
5. Мишуков, Б.Г. Перспективные схемы биологической очистки сточных вод от озота и фосфора // Вода и экология: проблемы и решения. – 1999 – № 1. – С. 36–39.
6. Хенце, М. и др. Очистка сточных вод: пер. с англ. – МЛ: Мир, 2004. – 480 с.
7. Канализация населенных мест и промышленных предприятий / под ред. В.Н. Самохина. – 2-е изд., – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
8. Мишуков, Б.Г. Удаление азота и фосфора на очистных сооружениях городской канализации // Прилож. к ж. «Вода и экология: проблемы и решения». 2004. – 72 с.

УДК 378.14(07)

**Цеван А.В., Марковский Р.А.**

**Научный руководитель: Шевчук Т.В.**

## **ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОЗДУХОВОДОВ**

Цель данной работы — проанализировать эффективность комплексного применения Autodesk INVENTOR в сочетании с системой Техтран при проектировании соединений воздуховодов.

Проектирование воздуховодов является частью комплексной задачи проектирования вентиляционной системы промышленного или жилого объекта.

Эффективность работы вентсистемы зависит во многом от используемых воздуховодов, потому выбор исполнения воздуховодов должен осуществляться на стадии проектирования. Необходимо определиться, будут это воздуховоды прямоугольного или круглого сечения, если круглого, то прямошовные воздуховоды или спирально-навивные. Необходимо также выбрать материал воздуховодов, исходя из того, к какому классу вредности относится помещение. При выборе воздуховодов необходимо анализировать такие параметры, как прочность и герметичность, простота изготовления воздуховодов и стоимость их изготовления. Проект должен быть простым для монтажа воздуховодов и фасонных изделий. Чем проще будет вентустановка, тем меньше времени потребуется монтажной бригаде и тем дешевле будут монтажные работы. Простота вентсистемы даст возможность беспрепятственно проводить последующее обслуживание, техническую ревизию и плановую чистку воздуховодов.

Заключительный этап проектирования воздуховодов — это детализация и изготовление чертежей разверток фасонных изделий. На этом этапе важно учитывать технологию изготовления фасонных изделий, стандартные размеры листа, его толщину и ширину реза, линии сгиба соединительных элементов и многое другое. При разработке разверток важно оптимизировать раскрой листа металла с целью уменьшения отходов и удешевления производства фасонных частей воздуховодов.

Техтран — Раскрой листового материала — система для комплексного решения задач раскроя листового материала [1]. Сочетает в себе возможности системы подготовки управляющих программ для машины термической резки и функции организации производственного процесса.

В настоящее время реализовано значительное число дополнительных возможностей, которые позволят пользователям существенно повысить производительность труда, сократить сроки технологической подготовки программ раскроя и соответственно уменьшить себестоимость выпускаемой продукции. Разработана библиотека элементов воздуховодов с возможностью формирования разверток типовых частей воздуховодов (рисунки 2, 3, 4). Применение библиотеки сокращает время проектирования разверток, позволяет учесть технологические особенности соединений элементов, повысить точность построения разверток, осуществить контроль над геометрией разверток на этапе проектирования. Библиотека постоянно развивается [2] и дополняется новыми элементами в соответствии с техническими требованиями производителей и потребителей вентиляционного оборудования.

В настоящее время развитие графического редактора Autodesk Inventor позволяет успешно сочетать его с программным обеспечением Техтран. При их сочетании получаем комплексное решение по работе с листовым материалом.

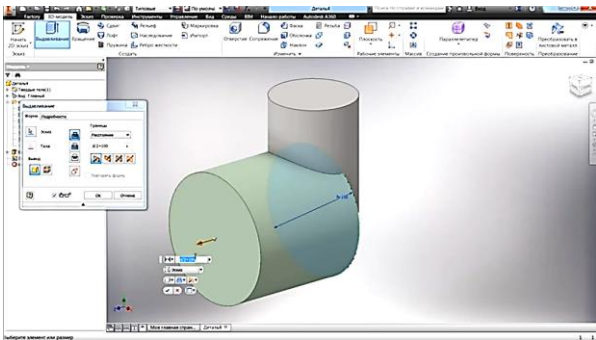
Конструкторская подготовка AutoCAD Inventor позволяет [3]:

- создавать развёртки для листового материала путем 3D-моделирования;
- выводить детали из листового материала в формате DXF;
- разрабатывать чертежи деталей из листового материала.

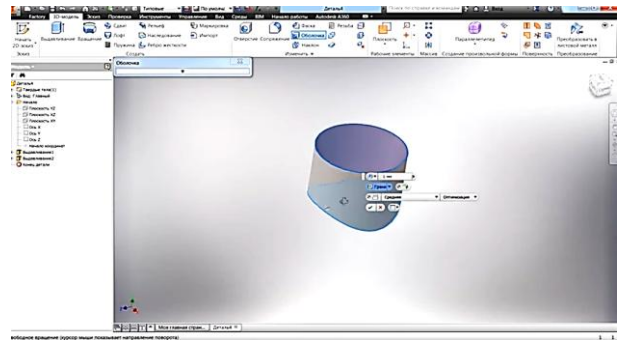
Проследим поэтапный процесс построения детали соединения круглой врезки.

Создаём новую деталь. Задаём параметры для нашей врезки (диаметр врезки и самого воздуховода, толщина металла). Выдавливаем данную деталь и задаём высоту.

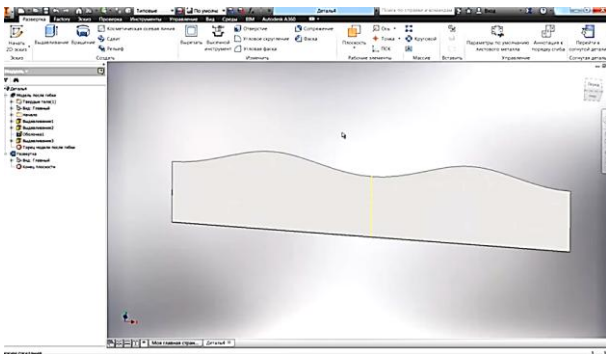
В перпендикулярной плоскости Z строим воздуховод аналогично врезке. Делаем симметрию и проставляем параметры (рис. 1). Задаём оболочку детали (рис. 2). Строим развёртку детали (рис. 3).



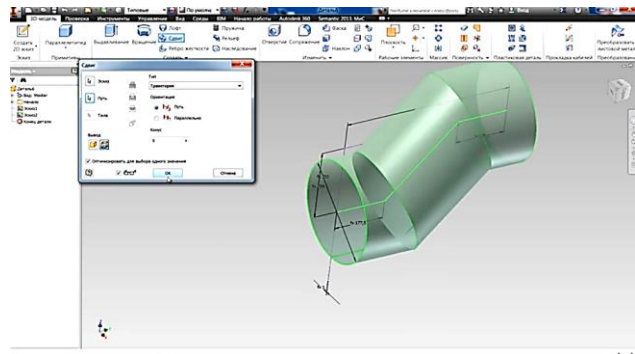
**Рисунок 1** – Создание воздуховода в перпендикулярной плоскости



**Рисунок 2** – Оболочка детали



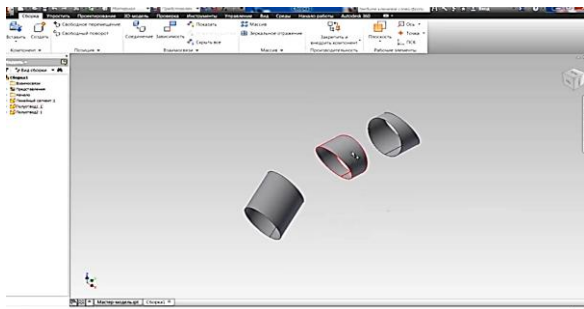
**Рисунок 3** – Развёртка детали



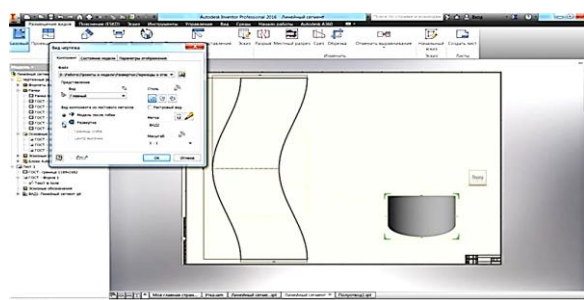
**Рисунок 4** – Поверхность отвода

Проследим этапы создания S-образного отвода.

Создаём эскиз. Строим две линии (отступ и длина), характеризующие утку. Затем делаем вспомогательную линию. В перпендикулярной плоскости строим профиль нашего воздуховода [4]. Строим разрез и создаём поверхность S-образного отвода (рис. 4). Изготавливаем все сегменты отвода. Создаём компоненты для каждого из трёх элементов (рис. 5).



**Рисунок 5** – Компоненты отвода



**Рисунок 6** – Простановка размеров

Построение развёртки ведём аналогично ранее показанному материалу для круглой врезки. Проставляем размеры развёртки. Аналогично проделываются операции для остальных компонентов отвода (рис. 6).

Данный чертёж мы можем открыть в AutoCAD, а также преобразовать из объёмной развёртки в плоскую и экспортировать данный файл в формат dwf.

Чертёж в формате dwf экспортируем в Техтран. Данная система позволяет быстро перенести листы и детали в «Задание на раскрой» и сокращает время подготовки раскроя листа.

Комплексное решение AutoCAD Inventor и Техтран позволит:

- сократить цикл разработки и изготовления изделий;
- повысить качество и снизить себестоимость изделий;
- использовать широкую базу данных;
- программировать обработку;
- производить настройку на конкретное оборудование с ЧПУ.

Autodesk Inventor повышает эффективность создания разверток, ускоряет процесс технологической подготовки заготовительного производства. Это путь к минимизации затрат на изготовление дорогостоящих фасонных частей конструкций воздуховодов. Autodesk Inventor значительно опережает существующие графические комплексы. Важна возможность выпуска документации в соответствии с ЕСКД, а также в соответствии с мировыми стандартами: ISO (международный), ANSI (американский), DIN (немецкий), так как многие из наших предприятий работают с зарубежными коллегами и заказчиками.

#### **Список цитированных источников:**

1. Цеван, А.В. Развёртки воздуховодов. От теории к практике / А.В. Цеван, Д. С. Артющик, Т. В. Шевчук // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов / БрГТУ. – Брест, 2015.
2. Цеван, А.В. Построение развёрток сложных соединений воздуховодов / А.В. Цеван, А.А. Антонович, Т.В. Шевчук // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов / БрГТУ. – Брест, 2016.
3. Банах, Д. Autodesk Inventor / Д. Банах, Т. Джонс, А.Дж. Каламейя – Лори, 2006. – 421 с.
4. Концевич, В.Г. Твёрдотельное моделирование в Autodesk Inventor. — Киев, М.: ДиаСофтЮП, 2008. – 267 с.

УДК 631.454

**Яловой П.С.**

**Научный руководитель: доцент Яловая Н.П.**

## **ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПОЧВОГРУНТА НА ОСНОВЕ СБРОЖЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ «ЗЕЛЁНОГО БЛАГОУСТРОЙСТВА» СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

«Зелёное благоустройство» селитебных территорий требует особенно высокой агротехники, высококачественного посадочного материала, определенного состава и свойств почвогрунтов и специальных мер по уходу. Причиной недостаточности озеленённости урбанизированных пространств является отсутствие плодородного почвенного грунта, обеспечивающего обильный рост зеленой растительности. Решить возникшую проблему в городской среде можно путем добавления в применяемые в благоустройстве почвогрунты переработанных органических отходов.

Ежегодно на Брестском мусороперерабатывающем заводе образуется обезвоженный сброженный осадок сточных вод, богатый органическими веществами. Так, за 2016 год КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод» принято от ГП «Брестводоканал» 173,8 тыс. м<sup>3</sup> сырого осадка и 24,33 тыс. м<sup>3</sup> избыточного активного ила. Результатом переработки данного вида сырья является выработка биогаза и образование 11,1 тыс. тонн обезвоженного сброженного осадка.

В настоящее время сброженные после ферментера пищевые отходы как вид органического отхода в «зелёном строительстве» не используется, так как в нем содержатся мелкие фракции металлической упаковки, стеклобоя, платмассы и другие. Поэтому из-за отсутствия сбыта данный вид отхода вывозится на полигон твердых коммунальных отходов, где он используется в качестве изолирующего (подстилающего) материала.

Проведённый анализ данных по количеству пищевых отходов показал, что ежегодно в Брестской области образуется порядка 20,0–22,0 тыс. тонн пищевых отходов. В целом по Республике Беларусь количество пищевых отходов может составлять в год до 120,0–200,0 тысяч тонн отходов, не содержащих опасные примеси. Поэтому отдельный сбор населением твердых бытовых отходов может позволить в ближайшем будущем еще более эффективнее использовать переработанное органическое сырье.

Получаемый сброженный обезвоженный осадок и сброженные после ферментера пищевые отходы могут эффективно применяться в качестве компоста и характеризуются водно-физическими свойствами, приведёнными в таблице 1.

**Таблица 1** – Водно-физические свойства почвогрунтов и изучаемых отходов

Наименование	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>	Полная влагоемкость, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Относительная влажность, %	Влажность, %V	Порозность, %V	Содержание воздуха, %V
Обезвоженный сброженный осадок сточных вод	0,21	413,71	277,68	67,12	58,31	86,88	28,57
Сброженные пищевые отходы	0,8	375,77	215,5	54,3	55,9	80,1	26,3

Используя «диагональную модель конверта Пирсона», мы рассчитали соотношение сброженного осадка сточных вод и грунтов ГУПП «Брестзеленстрой» для приготовления почвогрунта для «зелёного строительства».

При создании обыкновенных газонов для хорошего роста газонных трав требуется содержание гумуса в верхнем горизонте не менее 3%, спортивных газонов — 4–8%. Для увеличения содержания гумуса в складированных грунтах до 3%, необходимо их смешивание со сброженным осадком (далее — СБО), имеющим следующие агрохимические показатели:

- рН в КСl = 6,4–6,5, что указывает на нейтральную степень кислотности;
- содержание гумуса высокое — более 12,94%;
- содержание подвижного фосфора высокое — от 10 000 мг/кг;
- содержание обменного калия высокое — от 850 мг/кг.

Для приготовления почвогрунта с определенным содержанием гумуса использовались СБО с более высокой концентрацией гумуса и грунт, используемый для создания газонов в ГУПП «Брестзеленстрой», с менее высокой концентрацией, чем необходимо. Если обозначить массу СБО через  $m_1$ , а грунт — через  $m_2$ , то при смешивании общая масса смеси будет слагаться из суммы этих масс.

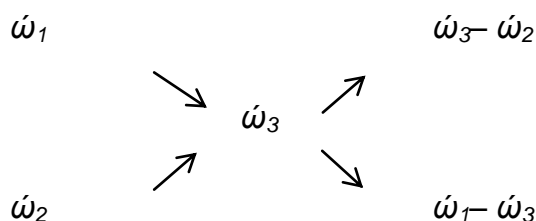
Пусть массовая доля гумуса в СБО —  $\omega_1$ , в грунте —  $\omega_2$ , в их смеси —  $\omega_3$ . Тогда общая масса гумуса в смеси будет складываться из массы гумуса в исходных компонентах:

$$m_1 \omega_1 + m_2 \omega_2 = \omega_3(m_1 + m_2).$$

Отсюда:  $m_1(\omega_1 - \omega_3) = m_2(\omega_3 - \omega_2)$ ,  $m_1 / m_2 = (\omega_3 - \omega_2) / (\omega_1 - \omega_3)$ .

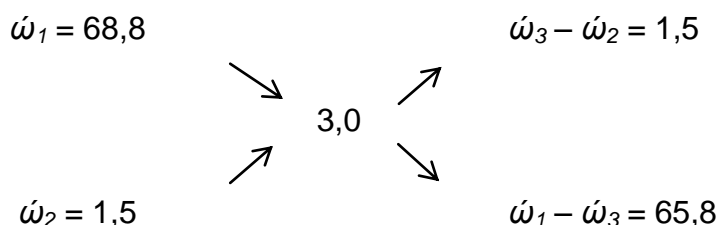
Отношение массы СБО к массе грунта, используемого в ГУПП «Брестзеленстрой», есть отношение разности массовых долей гумуса в смеси и грунте к разности соответствующих величин в СБО и в смеси.

При расчете необходимого содержания гумуса в почвогрунте применяли диагональную схему правила смешения, где записывали одну над другой массовые доли гумуса в исходных компонентах, справа между ними — массовую долю гумуса в смеси, которую нужно приготовить, и вычитали по диагонали из большего меньшее значение. Разности вычитаний показывают массовые части СБО и грунта, используемого для создания газонов в ГУПП «Брестзеленстрой», необходимые для приготовления нужной смеси:



Массовая доля гумуса (в пересчете на сухое вещество) в СБО ( $\omega_1$ ) составляет 68,8%, в грунте, используемом для создания газонов в ГУПП «Брестзеленстрой» ( $\omega_2$ ) — 1,5%. Необходимо узнать, в каком объемном соотношении при естественной влажности нужно смешать СБО ( $v_1$ ) и грунт ( $v_2$ ) для получения почвогрунта с концентрацией гумуса ( $\omega_3$ ), равной 3%.

Строим диагональную модель правила смешения:



Допустим, масса смешенного почвогрунта в сухом состоянии составляет 100 г. Тогда масса одной части почвогрунта составит:

$$100 / (1,5 + 65,8) = 1,48 \text{ (г)}.$$

Находим массы СБО ( $m_1$ ) и грунта ГУПП «Брестзеленстрой» ( $m_2$ ) в сухом состоянии, необходимые для смешивания почвогрунта:

$$m_1 = 1,5 \cdot 1,48 = 2,22 \text{ (г)};$$

$$m_2 = 65,8 \cdot 1,48 = 97,38 \text{ (г)}.$$

Полученные массы в сухом состоянии пересчитываем на естественную влажность, умножая на коэффициент  $K$ , который вычисляем по формуле:

$$K = (100 - W) / 100,$$

где  $W$  — массовая доля влаги, %.

Если взять влажность СБО равной 54,3%, а грунта ГУПП «Брестзеленстрой» — 19,63%, то получим:



$$K_{осв} = (100 - 54,3) / 100 = 0,45;$$
$$K_{грунт} = (100 - 19,63) / 100 = 0,8.$$

Находим необходимую массу для смешивания СБО ( $m_1$ ) и грунта ( $m_2$ ) при естественной влажности:

$$m_1 = 2,22 \cdot 0,45 = 1,017 \text{ (г)};$$
$$m_2 = 97,38 \cdot 0,80 = 77,9 \text{ (г)}.$$

Определяем необходимый объем СБО ( $v_1$ ) и грунта ( $v_2$ ) при естественной влажности, учитывая плотность компонентов (СБО —  $0,8 \text{ г/см}^3$ , грунт —  $1,5 \text{ г/см}^3$ ):

$$v_1 = 1,017 / 0,8 = 1,27 \text{ (см}^3\text{)};$$
$$v_2 = 77,9 / 1,5 = 51,9 \text{ (см}^3\text{)}.$$

Таким образом, для приготовления почвогрунта с массовой долей гумуса 3% необходимо смешать 1 объемную часть сброженных осадков при естественной влажности (с содержанием гумуса 68,8%) и 40 объемных частей грунта при естественной влажности, используемого для создания газонов в ГУПП «Брестзеленстрой» (с содержанием гумуса 1,5%). Полученный почвогрунт будет обеспечивать посадочный материал селитебных территорий достаточным содержанием органических веществ.

#### **Список цитированных источников**

1. Пахненко, Е. П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения / Е. П. Пахненко. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2007. – 311с.
2. Лихачева, А. В. Подготовка осадков коммунальных очистных сооружений к использованию в городском и сельском хозяйстве / А. В. Лихачева, В. Н. Марцуль // Организационно-техническое управление в межотраслевых комплексах: г. Минск. – Минск, 2007. – С. 464–468.

УДК 551.5(476)

**Янусик Н.Л., Пороткова И.И.**

**Научный руководитель: к.г.н., доц. Шпока И.Н.**

## **ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ ШКВАЛОВ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ**

**Введение.** Нередко шквалы становятся причиной разрушения жилых и хозяйственных помещений, повреждения различных технических средств, ломаются и вырываются с корнем деревья, обрываются линии электропередачи и связи, повреждаются трансформаторные подстанции, обесточиваются населённые пункты, возможны и человеческие жертвы [1]. Одним из разрушительных шквалов был шквал 23.02.2008 г. В результате разыгравшегося опасного явления по республике пострадало 204 населённых пункта, погибло 2 сельскохозяйственных животных, повреждено 104 объекта соцкультбыта, более 12 км линий электропередач, обесточено 495 населённых пунктов, 2 больницы, 14 школьных учреждений, 22 школы, 1 производственное помещение, 75 сельскохозяйственных зданий и 987 трансформаторных подстанций. Наибольший ущерб причинен Брестской области, где пострадали 93, а обесточенными остались 187 населённых пунктов [2].

**Материалы и методы исследования.** Основой для данной работы послужили данные ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю ра-

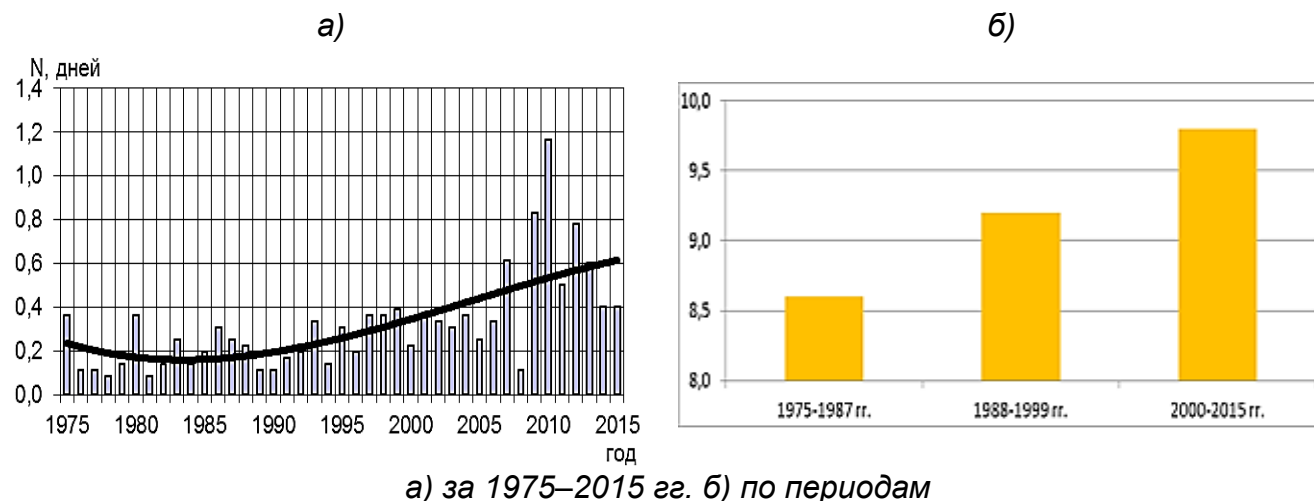
диоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» за период 1975–2015 гг. по 44 метеорологическим станциям Беларуси.

Целью нашей работы является установление пространственно-временных особенностей распределения шквалов по территории Беларуси в современных условиях.

**Обсуждение результатов.** Шквал — резкое кратковременное усиление ветра до 20–30 м/с и выше, сопровождающееся изменением его направления, связанное с конвективными процессами [3]. Шквал — явление, которое длится несколько минут, захватывает узкую полосу в несколько сотен метров. Возникновение шквалов связано с развитием мощных кучево-дождевых облаков, сопровождающихся большей частью грозами и ливнями, часто с градом [4]. Различают внутримассовые и фронтальные шквалы. Возникновение внутримассовых шквалов связано с развитием кучево-дождевых облаков. Наиболее благоприятной синоптической ситуацией для возникновения шквалов являются медленно движущиеся летние холодные фронты, ориентированные чаще всего с юго-запада на северо-восток или в субмеридиональном направлении.

В среднем на территории Беларуси встречается менее 1 дня со шквалами (около 0,4) (рис. 1). С 1988 г. отмечается последнее современное потепление климата. Температура воздуха была на 2,0–3,0 °С выше средних многолетних температур. Для оценки влияния потепления климата 40-летний период наблюдений был разбит на 3 периода: 1975–1987 гг., 1988–1999 гг., 2000–2015 гг. С 2000-х годов XXI в. также наблюдается рост температуры воздуха. Самыми теплыми с 2000-х гг. являются 2000, 2007, 2012 и 2015 гг. В 2007 г. средняя температура воздуха в Беларуси составила +7,8°С, что на 2,0°С выше климатической нормы. Такая и более высокая среднегодовая температура воздуха отмечена в третий за весь период метеорологических наблюдений. Средняя температура воздуха по Беларуси за 2012 г. составила +6,8°С, что на 1,0°С выше климатической нормы. Средняя температура воздуха за 2015 г. составила +8,5°С, что на 2,7°С выше климатической нормы. За зимний сезон 2014–2015 гг. составила –1,5°С, что выше климатической нормы на 4,0°С [5].

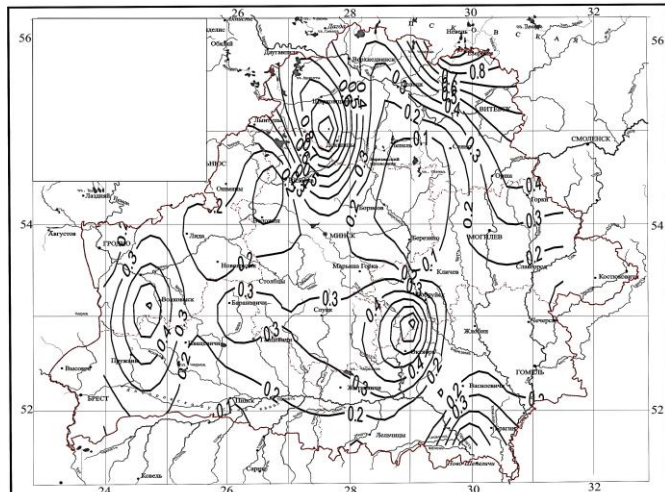
Проведенный анализ временной изменчивости числа дней со шквалами показал, что на территории Беларуси отмечается около 0,4 дня со шквалами. За 40-летний период исследований наблюдается незначительный рост числа дней со шквалами. Если в 1975–1987 гг. отмечалось около 0,20 дня со шквалами, в 1988–1999 гг. — 0,25, то в 2000–2015 гг. — около 0,38 дней со шквалами.



**Рисунок 1** – Временной анализ среднего годового количество дней

со шквалами:

Проведен пространственный анализ шквалов по территории Беларуси (рис. 2). Выделяются несколько районов интенсивной шквалистой деятельности: северо-восточный район; западная и центральная части севера Беларуси. Активная шквалистая деятельность отмечается в Предполесском регионе. Высокая повторяемость шквалов приурочена к аномальным зонам разломов и, особенно, к электропроводящим зонам в земной коре. На возвышенной территории шквалы отмечаются чаще, чем на равнинной территории. Например, на севере



**Рисунок 2 – Пространственное распределение шквалов на территории Беларуси**

Минской возвышенности (метеостанция Докшицы — 1,3 дня со шквалами), на западе Волковысской возвышенности (метеостанция Волковыск — около 1 дня со шквалами) шквалы отмечаются чаще, чем на равнинной территории: метеостанция Гродно (около 0,1 дня), метеостанция Полоцк (около 0,2 дня). Это может быть связано с тем, что скорость или сила ветра напрямую зависит от высоты, на которой происходит столкновение воздушных масс. На большой высоте воздуха гораздо меньше, чем внизу, поэтому его сопротивление здесь существенно ниже, а скорость движения молекул, наоборот, выше [6].

Таким образом, проведенный анализ показал, что на территории Беларуси отмечаются шквалы. В последние десятилетие отмечалось незначительное увеличение числа дней со шквалами.

#### **Список цитируемых источников**

1. Действия при сильном ветре, включая шквалы и смерчи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sad2korma.schools.by/pages/dejstvija-pri-silnom-vetre-vkljuchaja-shkvaly-i-smerchi>. – Дата доступа: 18.07.2016.

2. Сильный ветер 23 февраля 2008 года // Отчет о сильном ветре 23 февраля 2008 года [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://meteoinfo.by/press/?page=23>. – Дата доступа: 24.02.2017.

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование опасных метеорологических явлений и процессов. Общие требования = Бяспека ў надзвычайных сітуацыях. Маніторынг і прагназіраванне небяспечных метэаралагічных з'яваў і працэсаў. Агульныя патрабаванні : СТБ 1406–2003 (ГОСТ Р 22.1.07–99, MOD). – Введ. 01.01.04. – Минск : Госстандарт ; Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2003. – 19 с.

4. Хромов, С.П. Метеорология и климатология: учебник – 7-е изд. / С.П. Хромов, М.А. Петросянц – Москва : Издательство Московского университета: Наука, 2006. – 586 с.

5. Климатическая характеристика года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minpriroda.gov.by/ru/ecoza2015/>. – Дата доступа: 20.03.2017.

6. Как появляется ветер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kakprosto.ru/kak-248004-kak-poyavlyaetsya-veter>.

**ПРОБЛЕМЫ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

## ПОДХОД К МЕТОДУ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ АНАЛИЗА СВОЙСТВ ТОПОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

**Введение.** Симуляторы процессов в полупроводниковых моделях включают воздействия на различных этапах производства полупроводников: рост, травление, осаждение и т. д. Большинство моделирующих систем на сегодняшний день являются производными от SUPREM-IV.GS [1]. Эпитаксия кремния используется для выращивания слоя кремния на верхней поверхности для создания р-области. Моделирование процесса эпитаксии осуществляется через осаждение. Диффузионный шаг применяется для активации всех легирующих примесей.

**Пространственный заряд и применяемое смещение.** Моделирование устройства выполняется как для состояния смещения постоянного тока, так и для состояния смещения переменного тока. Симулятор сканирует смещение постоянного напряжения на контактном терминале, который является анодом.

Изменяя напряжение смещения, приложенное к *p-n*-переходу, можно увидеть, как пространственный заряд изменяется в зависимости от различного напряжения смещения. Области пространственного заряда уменьшаются по мере увеличения напряжения смещения, как можно видеть из рисунка 1.

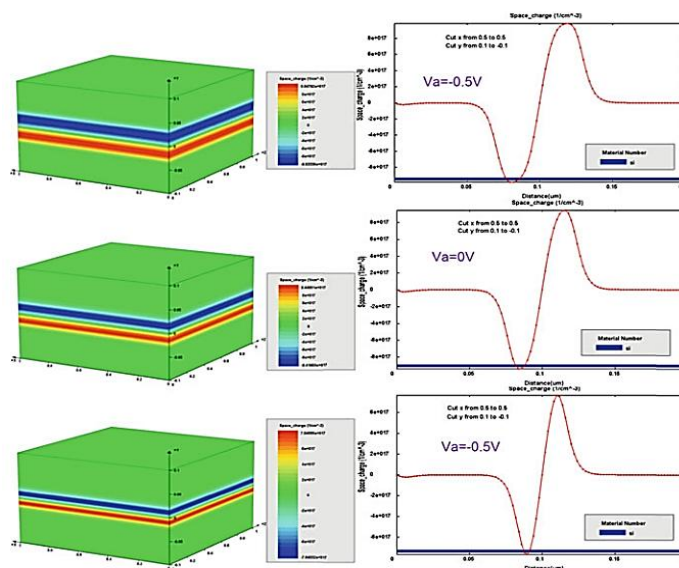


Рисунок 1

При равновесии ширину области пространственного заряда  $W$  можно записать в виде:

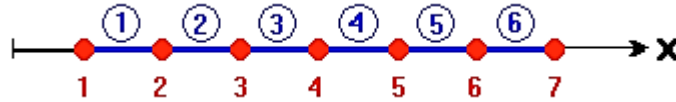
$$W = \sqrt{\frac{2\varepsilon V_0}{q} \left( \frac{1}{N_a} + \frac{1}{N_d} \right)},$$

где  $N_a$  и  $N_d$  — концентрация акцепторов и доноров,  $\varepsilon$  — диэлектрическая проницаемость и  $V_0$  — встроенный потенциал:

$$V_0 = \frac{kT}{q} \ln \left( \frac{N_a N_d}{n_i^2} \right).$$

Для  $p$ - $n$ -перехода с текущим электрическим током, например в этом примере  $V_0$  должно быть заменено на новую высоту барьера:  $V_0 - V$ . Как видно из данного уравнения, при возрастании приложенного напряжения  $V$  от  $-0,5$  до  $0,5$  V,  $W$  будет уменьшаться.

**Описание модели для компьютерной математической системы.** Рассмотрим линейную интерполяцию одной переменной (рис. 2) [2–4].



**Рисунок 2**

$$x_{node} := (1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \ 7)^T, \quad n_{el} := 6.$$

Предположим, что точное решение для переменной поля

$$f(x) := 7 \cdot \sin(1.5 \cdot x) + 8,$$

и переменным поля в каждом узле соответствует точное решение:

$$i := \dots \text{rows}(x_{node}), \quad \phi_{e_i} := f(x_{node_i}),$$

$$\phi_e^T = (14.982 \ 8.988 \ 1.157 \ 6.044 \ 14.566 \ 10.885 \ 1.842).$$

Используя линейные функции формы,  $N_1$  и  $N_2$ , для переменных поля в области поиска решения все элементы могут быть аппроксимированы в кусочно-линейном виде:

$$N_1(x, x_1, x_2) := \frac{x - x_1}{x_1 - x_2}, \quad N_2(x, x_1, x_2) := \frac{x_1 - x}{x_1 - x_2},$$

Определим переменную  $x$  на каждом элементе:

$$n := 25, \quad j := 1 \dots n_{el},$$

$$\begin{pmatrix} x_{j,1} \\ x_{j,n+2} \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} x_{node_j} \\ x_{node_{j+1}} \end{pmatrix}, \quad k := 2 \dots n + 1,$$

$$\Delta_j := \frac{x_{node_{j+1}} - x_{node_j}}{(n - 1)}, \quad x_{j,k} := x_{node_j} + \Delta_j \cdot (k - 2).$$

Вариация переменной поля:

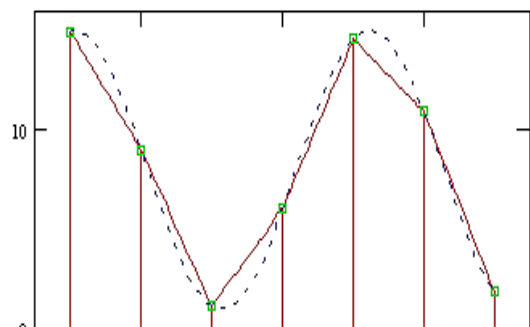
$$\phi_{j,k} := N_1(x_{j,k}, x_{node_j}, x_{node_{j+1}}) \cdot \phi_{e_i} + N_2(x_{j,k}, x_{node_j}, x_{node_{j+1}}) \cdot \phi_{e_{i+1}},$$

$$\begin{pmatrix} \phi_{j,1} \\ \phi_{j,n+2} \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix},$$

$$k := 1 \dots n + 2.$$

На рисунке 3 непрерывной линией показана аппроксимация, пунктиром — точное значение функции, квадратиками выделены значения в узлах.

Процесс конечно-элементного моделирования включает выбор функции интерполяции, сборку матриц жесткости и решение для переменных поля в каждом узле. Акцент дан областям структурного анализа и



**Рисунок 3**

краевых задач. Кроме того, обобщенный код конечного элемента представлен для приложений за пределами области структурного анализа.

Выполняется обзор фундаментальных понятий линейной эластичности и разрабатывается код конечного элемента для плоско-напряженной задачи. Используется принцип минимума потенциальной энергии.

Проводится одно- и двумерная интерполяция.

Отображаются конечные элементы, используя плосконапряженные изопараметрические элементы.

Обобщается с использованием метода взвешенных невязок задача структурного анализа.

В результате получается код конечного элемента для двумерной линейной краевой задачи.

**Заключение.** Большинство симуляторов работают на основе 2D и 3D конечно-элементного анализа электрических, тепловых и оптических свойств соединений и кремниевых полупроводниковых приборов.

Симулятор решает уравнения Пуассона и непрерывности тока и включает в себя дополнительные модели, такие как носители энергии транспорта (гидродинамические модели), квантовой (механические волновые уравнения) и скалярных волновых уравнений для фотонных волноводных устройств. Важным приложением разработанных средств является использование для задач обучения. В целом, предложенные средства позволяют сократить время при подготовке тестирующего контента для системы обучения и контроля знаний.

#### Список цитированных источников

1. Simon Li, Yue Fu 3D TCAD Simulation for Semiconductor Processes, Devices and Optoelectronics. – New York, Springer Science+Business Media, 2012. – 292 p.
2. Абрамов, И.И. Численное моделирование элементов интегральных схем / И.И. Абрамов, В.В. Харитонов. Под ред. А.Г. Шашкова – Минск: Высш.шк., 1990. – С. 224.
3. Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1986. – С. 247.
4. Mathcad 6.0 Руководство пользователя. – М.: Мир, 1996. – С. 658.

УДК 517.91: 004.021

**Вацкель Р.С.**

**Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Швычкина Е.Н.**

### СРАВНЕНИЕ ФАЗОВЫХ ТРАЕКТОРИЙ ХЕМОСТАТ-МОДЕЛИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТЕЙ РОСТА ОРГАНИЗМОВ

Рассмотрим модель роста популяций в хемостате, которую часто называют базовой [1]. Эта базовая хемостат-модель основывается на кинетике Моно и записывается в виде следующей системы уравнений Михаэлиса-Ментен [1]:

$$\begin{cases} \dot{s}(t) = D_0 - s(t)D - x_1(t)\frac{m_1 s(t)}{a_1 + s(t)} - x_2(t)\frac{m_2 s(t)}{a_2 + s(t)}, \\ \dot{x}_i(t) = \left( \frac{m_i s(t)}{a_i + s(t)} - D \right) x_i(t), \quad (i = 1, 2), \end{cases} \quad (1)$$

где параметр  $D$  называется потоком и численно равен скорости подачи питательного субстрата в ферментер; функция  $s(t)$  обозначает плотность питательного суб-

страта; функции  $x_1(t), x_2(t)$  — плотности микроорганизмов в момент времени  $t$ ;  $s_0$  — концентрация субстрата в питательном растворе на входе (начальная концентрация); параметры  $a_i$  ( $i=1,2$ ) — константы Михаэлиса-Ментен; величины  $m_i$  ( $i=1,2$ ) обозначают максимальные скорости роста  $i$ -го микроорганизма.

Система дифференциальных уравнений (1) описывает простейшую конкуренцию двух микроорганизмов, которые питаются одним питательным субстратом. В таких моделях, когда в хемостате конкурируют две или более популяции эксплуататорским образом для одного лимитируемого субстрата, происходит вымирание всех, кроме одной из популяций.

Существуют также различные модификации системы Михаэлиса-Ментен (1). В [2, 3] показано, что если конкуренция перемещается вверх на один уровень, то есть допускается, что некоторые микроорганизмы, участвующие в культивировании, питаются другими микроорганизмами (многоуровневая или трофическая модель) — то сосуществование может произойти в форме устойчивого предельного цикла.

Рассмотрим двухуровневую модель хемостата [2, 3]. Пусть хищник, плотность которого определяется функцией  $y(t)$ , потребляет организм с плотностью  $x(t)$ , но не может потреблять субстрат  $s(t)$ . Эта задача интересна как с математической стороны, так и с практической. Например, такой процесс возникает в обработке отходов. Бактерии, представленные как  $x(t)$ , живут на отходах (или субстрат), в то время как другие организмы, такие как инфузории, питаются бактериями.

Используя формулировку Моно (2), такая модель примет форму [1, 2]:

$$\begin{aligned}
 s'(t) &= 1 - s(t) - \frac{m_1 x(t) s(t)}{a_1 + s(t)}, \\
 x'(t) &= \left( \frac{m_1 s(t)}{a_1 + s(t)} - 1 - \frac{m_2 y(t)}{a_2 + x(t)} \right) x(t), \\
 y'(t) &= \left( \frac{m_2 x(t)}{a_2 + x(t)} - 1 \right) y(t), \\
 s(0) &= s_0 \geq 0, \quad x(0) = x_0 \geq 0, \quad y(0) = y_0 \geq 0.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Константы  $m_1, m_2$  и  $a_1, a_2$ , имеют тот же биологический смысл, что и для модели (1).

В работе [4] приведена компьютерная реализация в СКА *Mathematica* процедуры нахождения, классификации точек покоя и предельных циклов системы (2), а также определения их устойчивости. Построена визуализация найденных численных решений и их фазовых траекторий. На основе этих исследований в [5] показана устойчивость решений  $x(t), y(t)$  относительно положений равновесия системы (2) для различных значений начальных условий  $x(0), y(0)$ .

В данной работе рассмотрим поведение системы (2) в пространстве переменных  $(s, x, y)$ .

Рассмотрим, например, следующие значения констант системы (2):

$$a_1 = 0,3, a_2 = 0,9, m_1 = 6, m_2 = 9.
 \tag{4}$$



При помощи разработанного программного модуля в [4] определяем, что для такого набора параметров внутренние точки покоя имеют координаты:  $Ec1(0,11,0,32)$ ,  $Ec2(0,11,1,42)$ . При этом устойчивой локально будет являться только  $Ec1$  [2, 4].

Определим в СКА *Mathematica* систему (3).

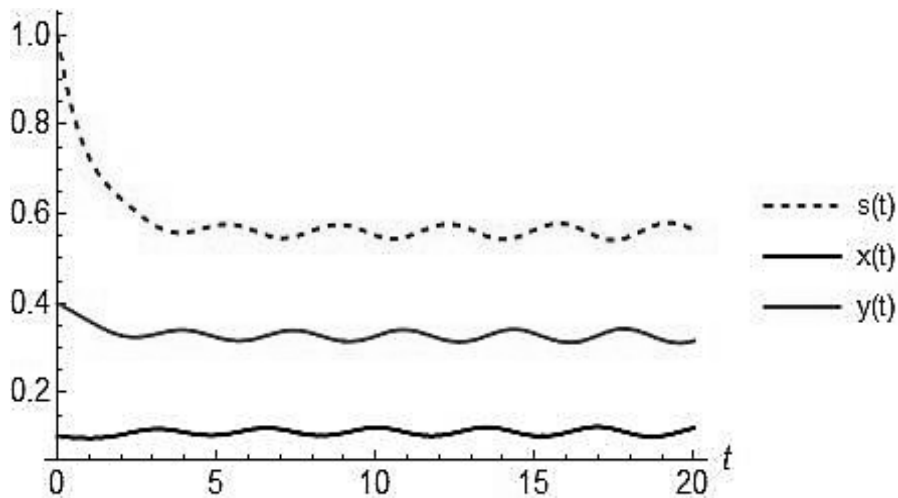
$$f[u_, i_] := \frac{m_i u}{a_i + u}$$

```
sys1 = {s'[t] == 1 - s[t] - f[s[t], 1] x[t],
x'[t] == (f[s[t], 1] - 1) x[t] - f[x[t], 2] y[t],
y'[t] == (f[x[t], 2] - 1) y[t]};
parr = {a1 -> 0.3, a2 -> 0.9, a1 -> 6, a1 -> 9};
```

Найдем численное решение системы (2), при начальных условиях  $s(0) = 1$ ,  $x(0) = 0,1$ ,  $y(0) = 0,4$ . Для интегрирования системы (2) используем программную функцию `NDSolve`, определив при этом некоторые специальные настройки [6].

```
sol = NDSolve[{sys1/.parr, s[0] == 1, x[0] == .1, y[0] == .4}, {s, x, y}, {t, 0, 100},
MaxSteps -> 10000, AccuracyGoal -> 11, PrecisionGoal -> 20][[1]];
```

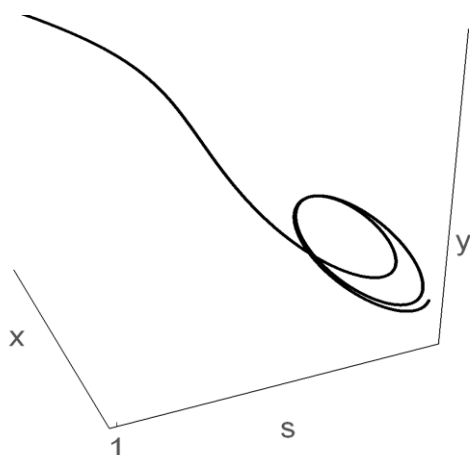
В результате получим решение в виде трех интерполяционных функций, графики которых приведены на рисунке 1.



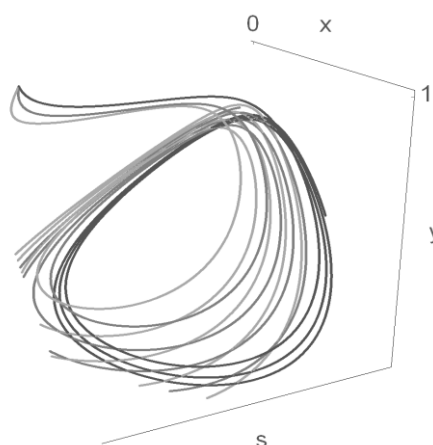
**Рисунок 1** – Графики численных решений функций  $s(t)$ ,  $x(t)$  и  $y(t)$

Построим в фазовом пространстве  $\langle x, y \rangle$  кривую, которую определяет численное решение `sol` (рисунок 2).

```
ParametricPlot3D[Evaluate[{s[t], x[t], y[t] /. sol}, {t, 0, 20}],
PlotStyle -> Directive[Thick],
Boxed -> False, Ticks -> {{0, 1}, {0, 1}, {0, 1}},
AxesLabel -> {"s", "x", "y"}, AxesStyle -> Directive[20],
PlotPoints -> 1000, PlotRange -> All,
BoxRatios -> {1, 1, 1},
DisplayFunction -> Identity, ViewPoint -> {1.1, 2.5, 1.1}]
```



**Рисунок 2** – Фазовая траектория численных решений  $s(t)$ ,  $x(t)$ , и  $y(t)$



**Рисунок 3** – Фазовые траектории численных решений  $s(t)$ ,  $x(t)$  и  $y(t)$  для набора значений параметров приведенных в таблице 1

На рисунке 2 изображена фазовая траектория, вычисленная для набора значений параметров (4). Покажем, как будет изменяться ее характер, когда будут изменяться, например, параметры  $m_1$  и  $m_2$ .

```
phase[m1_, m2_opt_] := Module[{sol1, t0},
  t0 = 20;
```

```
sol1 = NDSolve[{s'[t] == 1 - s[t] - x(t)  $\frac{m1s[t]}{.3 + s[t]}$ ,
```

```
x'[t] ==  $\left(-1 + \frac{m1s[t]}{.3 + s[t]}\right)x[t] - \frac{m2s[t]y[t]}{.9 + s[t]}$ ,
```

```
y'[t] ==  $\left(-1 + \frac{m2s[t]}{.9 + s[t]}\right)y[t]$ ,
```

```
s[0] == 1, x[0] == .1, y[t] == .4}, {s, x, y}, {t, 0, t0}];
```

```
ParametricPlot3D[Evaluate[{s[t], x[t], y[t]}/.sol1], {t, 0, t0},
```

```
PlotStyle -> Directive[Thick],
```

```
Boxed -> False, Ticks -> {{0,1}, {0,1}, {0,1}}, AxesLabel -> {"s", "x", "y"},
```

```
AxesStyle -> Directive[20], PlotPoints -> 1000, PlotRange -> All,
```

```
BoxRatios -> {1,1,1}, DisplayFunction -> Identity,
```

```
ViewPoint -> {1.1, 2.5, 1.1}];
```

Определим диапазон изменения параметров  $m_i$  ( $i = 1, 2$ ).

```
TableForm[Table[{m - 1/3, 2 m + 1/5}, {m, 4, 6} // N, TableHeadings -> {{}, {m1, m2}}]
```

**Таблица 1** – Набор значений параметров  $m_i$  ( $i = 1, 2$ )

	$m_1$	$m_2$
	3.667	8.2
	4.667	10.2
	5.667	12.2

Используя определенную выше программную функцию `phase[m1_,m2_opt_]` и набор значений  $m_i$  ( $i=1,2$ ), приведенных в таблице 1, построим фазовые траектории системы (2).

```
tab1 = Table[phase[{m-1/3,2 m+1/5},  
PlotStyle -> GrayLevel[m/10,2 m/(m-2)], {m,4,6}];  
Show[tab1, DisplayFunction -> #DisplayFunction]
```

#### **Список цитированных источников**

1. Smith, H.L. The theory of chemostat: dynamics of microbial competition / H.L. Smith, P. Waltman. – Cambridge University Press, 1995. – 313 p.
2. Kuang, Y. Limit cycles in a chemostat-related model / Y. Kuang // SIAM Journal on Applied Mathematics. – 1989. – № 49. – P. 1759–1767.
3. Abell, M.L. Differential Equations with *Mathematica* / M.L. Abell, J.P. Braselton. – 3rd ed. – Elsevier Academic press, 2004. – 876 p.
4. Швычкина, Е.Н. Компьютерный метод поиска предельных циклов хемостат-модели / Е.Н. Швычкина, Р. С. Вацкель // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. – 2016. – № 5 (101) : Физика, математика, информатика. – С. 56–60.
5. Швычкина, Е.Н. Исследование предельных циклов трёхуровневой модели хемостата / Е.Н. Швычкина, Р.С. Вацкель // Математические и физические методы исследований : научный и методические аспекты : сб. тезисов докладов Респ. науч.-практ. конф. ; Брест, 27–28 апреля 2017 г. / Брест, гос. ун-т им. А.С. Пушкина ; под общ. ред. Н.Н. Сендера. – Брест, 2017. – С. 18.
6. <http://reference.wolfram.com/language/ref/NDSolve>

УДК 681.5

**Воробей И.С.**

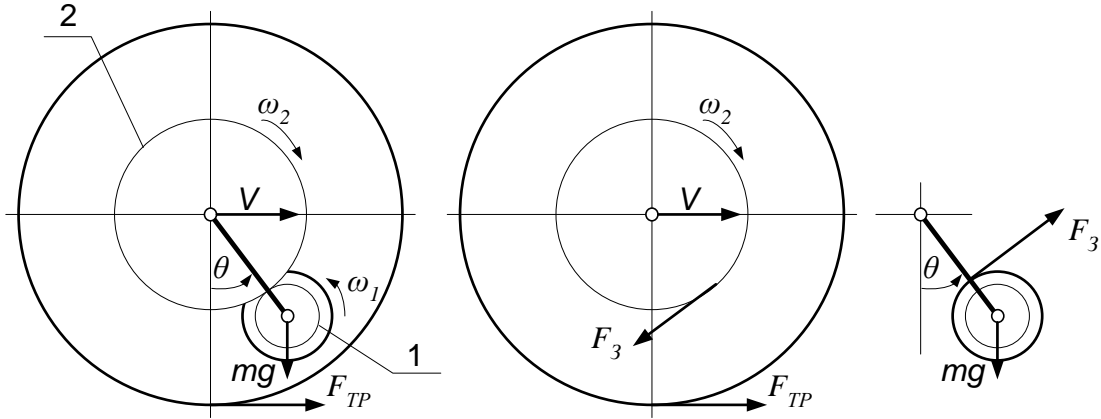
**Научный руководитель: доцент Прокопеня О.Н.**

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ДВУХКОЛЁСНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА**

Мобильные роботы широко применяются в различных сферах. В зависимости от назначения они могут иметь разнообразную конструкцию. Роботы отличаются количеством колёс, которые могут быть приводными или не приводными. Поворот колёс может осуществляться разными способами на разные углы. Известны конструкции с двигательными модулями, состоящими из пары колёс с индивидуальными приводами [1, 2]. Такой модуль способен перемещаться поступательно при равенстве скоростей колёс и поворачиваться за счет разности скоростей.

В данной работе рассматривается робот, представляющий собой, фактически, один такой модуль. Устройство получается достаточно простым и компактным, однако возникает проблема устойчивости, поскольку вся конструкция может поворачиваться относительно оси колёс. В определённых ситуациях это может играть положительную роль, поскольку робот не может «опрокидываться», после полного оборота он возвращается в исходное состояние. Следует отметить, что робот не предназначен для транспортирования грузов. Тем не менее, необходимо, чтобы платформа робота сохраняла свое положение в процессе движения (не вращалась вместе с колесами), в то время как на колёса передается вращающий момент.

Схема работа представлена на рисунке 1. Движущий момент создается за счет отклонения платформы массой  $m$  на угол  $\theta$  и, соответственно, смещения центра масс конструкции. Отклонение платформы происходит за счет качения приводимого от двигателя зубчатого колеса 1 по зубчатому колесу 2, закрепленному на колесе робота.



**Рисунок 1** – Схема скоростей и сил, действующих на звенья робота

Уравнение движения колеса без учета трения-качения

$$J_{\text{ПР.2}} \cdot \omega_2 = 0,5(F_3 \cdot d_2 - F_{\text{ТР}} \cdot D), \quad (1)$$

где  $J_{\text{ПР.2}}$  — приведенный к колесу момент инерции звеньев робота;  $\omega_2$  — угловая скорость колеса;  $F_3$  — сила в зацеплении зубчатых колес;  $F_{\text{ТР}}$  — сила трения;  $d_2$  — диаметр зубчатого колеса 2;  $D$  — диаметр колеса робота.

Уравнение движения платформы:

$$0,25 m \times d_2^2 \times q = 0,5(F_3 \times d_2 - m \times g \times d_2 \sin q), \quad (2)$$

где  $m$  — масса платформы;  $g$  — ускорение свободного падения;  $\theta$  — угол отклонения платформы.

Уравнение движения ротора двигателя

$$J_{\text{ПР.1}} \cdot \omega_{\text{Д}} = c_M \cdot I_{\text{Я}} - 0,5F_3 \cdot d_1 / u_p, \quad (3)$$

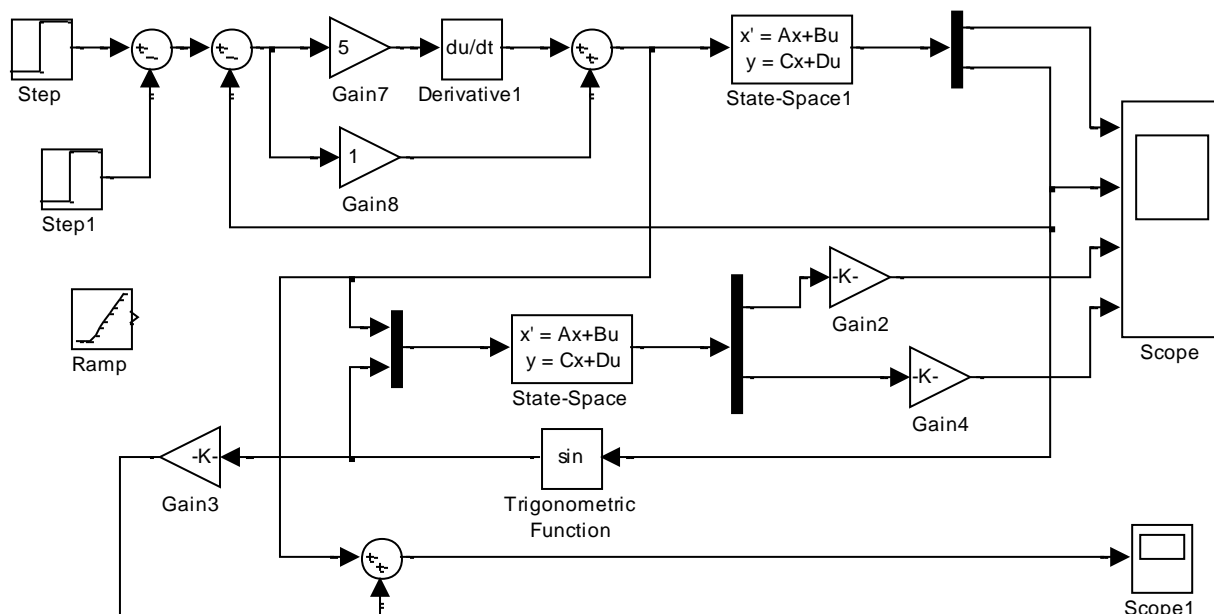
где  $J_{\text{ПР.1}}$  — приведённый к валу двигателя момент инерции звеньев привода;  $\omega_{\text{Д}}$  — угловая скорость двигателя;  $c_M$  — постоянная двигателя;  $I_{\text{Я}}$  — ток якоря двигателя;  $d_1$  — диаметр зубчатого колеса 1;  $u_p$  — передаточное отношение редуктора.

Подстановкой (3) в (1) и (2) с учётом  $\theta = \Omega$  и  $\omega_{\text{Д}} = \omega_2 \cdot u_p \cdot d_2 / d_1$ , можно исключить  $F_3$  и свести (1) и (2) к виду

$$\Omega = \frac{u_p \cdot J_{\text{ПР.2}} \cdot c_M}{J_{\text{ПР.1}} \cdot J_{\text{ПР.2}} + 0,25m \cdot d_1 \cdot d_2 (J_{\text{ПР.1}} + J_{\text{ПР.2}})} \cdot I_{\text{Я}}, \quad (4)$$

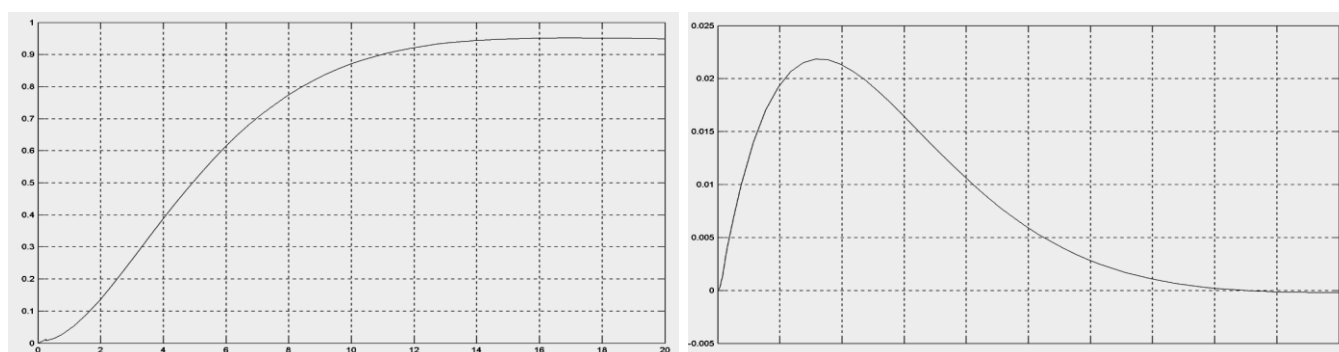
$$\omega_2 = \frac{\frac{u_p \cdot d_2 \cdot c_M}{J_{\text{ПР.1}} d_1}}{1 + J_{\text{ПР.2}} \left( \frac{4}{m \cdot d_1 \cdot d_2} + \frac{1}{J_{\text{ПР.1}}} \right)} \cdot I_{\text{Я}} + \frac{m \cdot g \cdot d_2 \left( \frac{1}{J_{\text{ПР.1}}} + \frac{1}{J_{\text{ПР.2}}} \right) + \frac{2g}{d_1}}{1 + J_{\text{ПР.2}} \left( \frac{4}{m \cdot d_1 \cdot d_2} + \frac{1}{J_{\text{ПР.1}}} \right)} \cdot \sin \theta. \quad (5)$$

На основе (4), (5) в приложении SIMULINK построена математическая модель робота с системой управления, которая приведена на рисунке 2. В системе управления реализована обратная связь по углу отклонения платформы и использован пропорционально-дифференциальный регулятор. Задавая угол отклонения платформы, можно управлять скоростью перемещения робота.



**Рисунок 2** – Математическая модель робота в приложении SIMULINK

На рисунке 3 приведены кривые изменения скорости робота и угла отклонения платформы при подаче на вход постоянного воздействия в течение 2 с. Отклонение платформы и возврат в исходное положение происходит плавно (без колебаний). При этом скорость приобретает установившееся значение, и дальнейшее движение происходит по инерции, поскольку момент трения-качения принят равным нулю. При наличии трения-качения он должен компенсироваться движущим моментом. Для этого должен устанавливаться соответствующий угол отклонения платформы.



**Рисунок 3** – Кривые изменения скорости робота  $V$  и угла отклонения платформы  $\theta$

Аналогичным образом производится остановка робота путем задания отрицательного угла отклонения платформы. И начало движения, и остановка осуществляются при плавном изменении скорости и угла отклонения платформы. Колебаний робота относительно устойчивого положения не возникает. Следовательно, данная подсистема управления приводами может использоваться в сис-

теме управления движением робота, которая будет обеспечивать отработку заданных перемещений без перерегулирования и, соответственно, обрабатывать задаваемую траекторию с требуемой точностью. Следует отметить, что разработанная модель предполагает использование токового управления двигателем, что для приводов небольшой мощности вполне реализуемо.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что результаты работы могут использоваться при разработке систем управления роботами аналогичных конструкций.

#### **Список цитированных источников**

1. Прокопеня, О.Н. Система управления двигательным модулем мобильного робота / О.Н. Прокопеня, К.А. Козлович, В.В. Халитов // Автоматизация и роботизация процессов и производств: материалы Республиканского научно-практического семинара, Минск, 13 февраля 2014 г. – Минск: Бизнесофсет, 2014. – С. 65–67.

2. Штеттер, Р. the problem of mobile robots movement control / Р. Штеттер, О.Н. Прокопеня, К.А. Козлович // Новые технологии и материалы, автоматизация производства: материалы Международной научно-технической конференции, Брест, 29–30 октября 2014 г. – Брест: БрГТУ, 2014. – С. 4–6.

УДК 656.13.05

***Забродский К.В.***

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

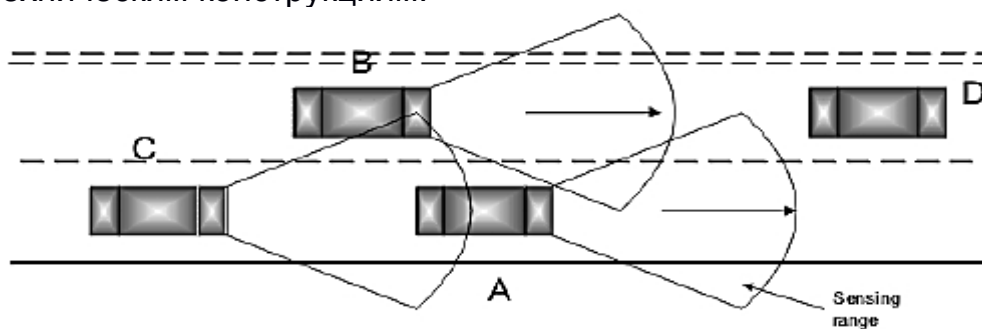
### **СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ И ПОМОЩИ НА ДОРОГАХ**

Транспорт играет чрезвычайно важную роль в жизнедеятельности человека. Современное общество просто не может представить жизнь без средств передвижения. И поэтому стремится с каждым днем развивать эту отрасль, как с научной, так и с практической стороны. Быстрый темп жизни и стремительный рост населения привели к тому, что количество личных автомобилей во всем мире увеличилось с 1980 по сегодняшний день на 84%. В связи с этим возросло количество ДТП. Управление транспортными средствами — дело не тяжёлое, но очень монотонное.

На сегодняшний день существуют прототипы практически любого вида беспилотного транспорта. Активно внедряются в жизнь и заменяют людей военные и промышленные роботизированные транспортные устройства. Наука не стоит на месте и уже сейчас становятся актуальными беспилотные легковые автомобили, грузовики, роботизированная авиация, водные транспортные средства, мотоциклы и даже велосипеды.

В последние годы наблюдается рост интереса среди ученых и производителей автотранспорта к беспилотным автомобилям, способным перемещаться по дорогам без участия человека. По сравнению с машинами, управляемыми человеком, автономные обладают большей скоростью реакции на изменение дорожной ситуации и не подвержены влиянию человеческого фактора: усталости, психического состояния и пр. Использование качественных систем автономной навигации позволит уменьшить количество ДТП и человеческих жертв, снизит стоимость транспортировки товаров, позволит экономить время, затрачиваемое сейчас на управление транспортными средствами. Даже при наличии водителя автономная система может взять управление на себя, в случае, например, если водителю станет плохо. Такие системы разрабатываются на основе платформ,

конструктивно сходных с современными автомобилями и не свойственных другим робототехническим конструкциям.



**Рисунок 1** – Анизотропная схема обнаружения препятствий

Среди широкого диапазона проблем транспортировки, более или менее успешно разрешимых посредством интеллектуальной транспортной системы (ИТС), проблема обеспечения безопасности на дорогах несомненно самая значимая. Создание ИТС предполагает организацию транспортного взаимодействия между участниками потока.

Оценка покрытия и оптимальное размещение анизотропных датчиков, формирующих сенсорную сеть, все еще остается недостаточно изученным. Мы рассмотрим несколько подходов, которые могут быть применены к такому типу задач.

Есть несколько типичных сценариев трафика, которые могут привести к потенциальным несчастным случаям, и они демонстрируют, как этих потенциальных несчастных случаев можно было бы избежать, если бы транспортные средства, включенные в эти ситуации, были бы оборудованы датчиками и имели возможности обмениваться данными с другими автомобилями:

- сельская местность с однополосным трафиком;
- автострада: въезд и выезд;
- углы улиц;
- перекрестки.

Волновой низкочастотный радар может использоваться для обнаружения на расстоянии препятствий или других механизмов. Это может обнаружить цели даже во время активных условий и одновременно измерить расстояние до цели и его относительную скорость. Общая изотропная модель обнаружения датчиков может быть описана как (1).

$$p(d) = \frac{K}{d^k}, \quad (1)$$

где  $K$  — является испускаемой энергией,  $k$  — коэффициент затухания, и  $d$  — является расстоянием между датчиком и объектом. Распознающая мощность таких датчиков может быть выражена как обычно с распределенными функциями как показано в уравнении (2). Распознающая модель следует за Распределением Гаусса со средним значением  $\mu$  и различие  $\sigma$ .

$$p(d, \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{(d-\mu)^2}{2\sigma^2}}. \quad (2)$$

Это поочередно увеличивает вероятность обнаружения любых других датчиков или препятствий, или других механизмов без датчиков, которые могут быть в той области. Следовательно, это приводит к полному увеличению обнаруживающей способности датчиков в той области (3).

$$p = 1 - (1 - p_1)(1 - p_2)(1 - p_3), \quad (3)$$

где  $p$  — общая вероятность обнаружения и  $p_1$ ,  $p_2$ , и  $p_3$  — вероятности обнаружения отдельным датчиком.

В вышеупомянутой схеме обнаружения расстояние между двумя датчиками/механизмами очень важно. В случае, когда коммуникационная схема V2I возможна, дополнительная дорожная инфраструктура базировалась на датчиках, которые могут быть использованы, чтобы увеличить получающуюся вероятность обнаружения. Однако большинство датчиков, таких как камеры, направленные микрофоны, радары и т. д. анизотропны. И их зона охвата может быть описана скорее как сектор, чем круговая область (рис. 1). Это делает сетевые задачи оценки покрытия намного более сложными.

#### **Список цитированных источников**

1. A DSS approach to urban traffic management
2. An integrated traffic-driving simulation framework Design, implementation, and validation
3. Learning in groups of traffic signals
4. Chapter 11 ITS and Traffic Management

УДК 656.056.4

**Кашин А.В., Милютин О.Н.**

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

### **ОРГАНИЗАЦИЯ КООРДИНИРОВАННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПО МАГИСТРАЛИ**

Бурный процесс автомобилизации с каждым годом охватывает всё большее число стран, постоянно увеличивается автомобильный парк, количество вовлекаемых в сферу дорожного движения людей. Рост автомобильного парка и объем перевозок ведёт к увеличению интенсивности движения, что в условиях городов с исторически сложившейся застройкой приводит к возникновению транспортной проблемы. Особенно остро она проявляется в узловых пунктах улично-дорожной сети. Здесь увеличиваются транспортные задержки, образуются очереди и заторы, что вызывает снижение скорости сообщения, неоправданный перерасход топлива и повышенное изнашивание узлов и агрегатов транспортных средств. Переменный режим движения, частые остановки и скопления автомобилей на перекрёстках являются причинами повышенного загрязнения воздушного бассейна города продуктами неполного сгорания топлива. Городское население постоянно подвержено воздействию транспортного шума и отработанных газов.

Снижение отрицательного влияния автомобилизации можно достичь путем грамотного вмешательства в процессы, происходящие с транспортными и пешеходными потоками. Осуществить целенаправленное воздействие на участников дорожного движения можно при помощи комплекса технических средств организации дорожного движения.

В связи со сложной структурой дорожной организации практически невозможно полностью решить транспортный вопрос, однако существуют различные способы оптимизации транспортной проблемы. Одним из таких способов является грамотный расчёт плана координации.

Наиболее изученным и, как следствие, распространенным является графоаналитический метод проектирования координированного управления светофорными



объектами. Недостатком данного метода можно считать трудоемкость расчетно-графических операций, поэтому данный метод эффективен при сравнительно небольшом числе перекрестков на участке улично-дорожной сети.

Сущность метода заключается в построении графика «путь–время», который выполняют в системе прямоугольных координат на миллиметровой бумаге. В масштабе, который выбирают произвольно и который зависит от длины улично-дорожной сети и числа светофорных объектов, по горизонтальной оси откладывают значения времени в секундах, по вертикальной оси — значения пути в метрах. Исходными данными для расчета являются: 1) выполненный в масштабе план магистрали с обозначением расстояний между перекрестками; 2) схема существующей организации движения, на которой показаны светофоры, дорожные знаки и разметка, организация движения на перекрестках; 3) расчетные скорости движения для магистрали. Вправо через границы перекрестков проводят линии, параллельные горизонтальной оси. На горизонтальной оси слева направо наносят повторяющуюся последовательность сигналов вдоль магистрали. От начала зеленых сигналов и точек, отстоящих вправо на  $t_{л}$ , (параметр, определяющий ширину так называемой ленты времени: если фактический график движения автомобиля находится внутри этой ленты, то ему гарантируется безостановочное движение), проводят наклонные к горизонтали линии. Тангенс угла наклона этих линий соответствует расчетной скорости. Лента времени для встречного направления берется той же ширины, но имеет обратный наклон, соответствующий расчетной скорости этого направления. Из плотной бумаги вырезают полоску шириной, равной ширине этой ленты, и, расположив ее под расчетным углом, передвигают по горизонтали в границах зеленого сигнала на перекрестке.

Взаимное расположение на горизонтали точек, соответствующих началу зеленых сигналов, определяет их сдвиги относительно друг друга и принятой нулевой отметки времени.

Если участок  $t_{зел}$  оказался больше зеленого сигнала на каком-либо перекрестке, т. е. одна из лент времени попадает частично на запрещающий сигнал, необходима коррекция графика. Она осуществляется следующими путями:

- уменьшением ширины ленты времени;
- изменением расчетной скорости (угла наклона ленты времени);
- увеличением длительности зеленого сигнала по магистрали на некоторых перекрестках.

Перечисленные способы коррекции должны быть ограничены разумными пределами, так как могут привести к обратному результату — снижению эффективности движения транспортных средств.

Другим способом, позволяющим оптимизировать движение на магистрали, является построение детерминированной модели расчёта плана координации. Недостатком данного метода расчета координированного плана является учет только детерминированной составляющей, т.е. игнорирование стохастической составляющей. Для реализации плана координация используют математическую модель магистрали, которая подразумевает определенные ограничения:

- рассматривается движение материальной точки;
- длительность светофорного цикла для всех СФО одинакова ( $T_{ц} = 80$  с (50 с — зелёный сигнал)); светофоры на концах магистрали являются базовыми и работают синфазно; все остальные светофоры имеют фазовый сдвиг относительно базовых светофоров, если это необходимо.

Совокупность сдвига фаз, длительностей фаз и цикла регулирования для всех перекрёстков, входящих в систему координированного регулирования, об-

разует программу или план координации. Таким образом, три параметра светофорного регулирования полностью определяют характер движения по магистрали. Так как в ограничениях модели было предусмотрено константное время цикла, задача расчёта плана координации сводится к определению сдвига фаз, а также длительности фаз на каждом светофорном объекте.

Возможны три варианта топологии магистрали:

- все расстояния между перекрёстками равны;
- расстояния между перекрёстками кратны некоторому расстоянию;
- нет отрезка магистрали, которому кратны все остальные звенья магистрали.

Первые два варианта тривиальные. При них возможно организовать координированное управление без сдвига фаз, то есть это случай одновременной и синхронной системы. В такой системе все сигналы светофоров на перекрестках по координированному направлению в любой момент времени имеют одинаковую индикацию, а сдвиги фаз равны нулю. В настоящей работе рассматривается третий случай.

Алгоритм нахождения недостающих параметров заключается в условной фиксации участка одного из направлений движения и корректировке сдвига фаз участка другого из направлений таким образом, чтобы автомобили и прямого и встречного направления попадали в «зелёную волну».

Лучшим вариантом является одновременный подход пачек автомобилей слева и справа к СФО. Иначе возникает ситуация потери продуктивности зелёной фазы СФО.

Величину возможных потерь светофорного цикла в целом по магистрали возможно оценить с помощью матрицы — номограммы потерь. Введём два типа потерь зелёной фазы  $t_{зел}$  светофорного цикла  $T_{ц}$ :

- при горении зелёного сигнала по магистрали через СФО проходит поток только одного направления;
- при горении зелёного сигнала по магистрали на СФО не наблюдается проезжающих автомобилей.

В матрице величины стоят со знаком «минус», что означает задержку относительно базисных (входных СФО), расположенных на входах магистрали. Некоторые величины в матрице имеют дополнительные значения (в скобках). Это означает, что задержку включения зелёной фазы на указанную отрицательную величину можно заменить опережением на величину, указанную в скобках. Процесс управления состоит в распределении времени светофорного цикла  $T_{ц}$  на  $i$ -ом СФО.

Как было сказано ранее, основной задачей координированного регулирования является обеспечение безостановочного движения транспортных средств вдоль магистрали. Важность транспортного вопроса обусловлена тем, что решение этой задачи напрямую связано с экономической стороной дорожного движения, т. к. «зелёная волна» (безостановочное движение) ведёт к экономии топлива, снижению вредных выбросов в атмосферу и уровня шума. Как целевая функция в эффективном управлении дорожным движением в улично-дорожной сети города, оно имеет наивысший рейтинг в шкале других целевых функций, используемых в оптимизации дорожного движения.

#### **Список цитированных источников**

1. Шуть, В.Н. Детерминированная модель координированного регулирования движения автотранспорта на магистрали с Т-образными перекрестками // Вестник БНТУ. – 2009. – № 4. – С.45–48.
2. Аземша, С.А. Технические средства организации дорожного движения: Пособие для самостоятельной работы студентов / С.А. Аземша, В.Д. Чижонк. – Гомель: УО «БелГУТ», 2005. – С. 3–12
3. Врубель, Ю.А. Организация дорожного движения. – Минск, 1996. – Ч. 2. – С. 283–287.

## ГЕНЕРАЦИЯ ГРАФОВ ПУТЁМ ДОБАВЛЕНИЯ ПЕРЕМЫЧКИ

Теория графов представляет собой интересный предмет, связанный со многими аспектами науки и техники, находящий широкое практическое применение. Наше столетие было свидетелем неуклонного развития теории графов.

В этом процессе явно заметно влияние запросов новых областей приложений: теории игр и программирования, теории передачи сообщений, электрических сетей и контактных цепей, а также проблем в области психологии и биологии, электрики, моделей кристаллов и структур молекул и др. Развитие формальной логики привело к изучению бинарных отношений в форме графов. Целью нашей статьи является рассказать о методе генерации графов путем добавления перемычки, а также показать это на примере.

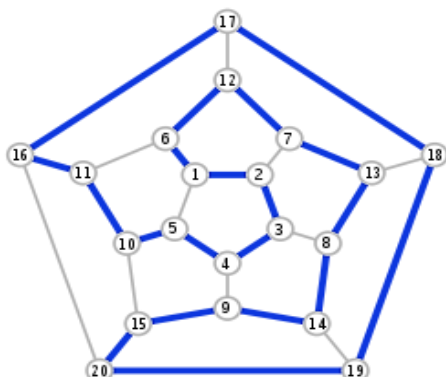


Рисунок 1

Прежде чем изложить алгоритм, сделаем экскурс в историю вопроса.

Название «гамильтонов цикл» произошло от задачи «Кругосветное путешествие», предложенной ирландским математиком Вильямом Гамильтоном в 1859 году. Нужно было, выйдя из исходной вершины графа, обойти все его вершины и вернуться в исходную точку. Граф представлял собой укладку додекаэдра, каждой из 20 вершин графа было приписано название крупного города мира.

Отметим, что начало исследований так называемых гамильтоновых графов относится к графам многогранников.

В 1857 г. ирландский математик Гамильтон предложил игру, названную «путешествие по додекаэдру». Игра сводилась к обходу по ребрам всех вершин правильного додекаэдра при условии, что ни в одну из вершин нельзя заходить более одного раза. Додекаэдр — это многогранник, гранями которого служат 12 правильных пятиугольников. У него 20 вершин и 30 ребер. Вершины и ребра додекаэдра составляют некоторый плоский граф.

Фрэнк Харари и Питер Гатри Тэт утверждали, что каждый трехсвязный плоский граф содержит остовый простой цикл, или ГК, следует справедливость гипотезы о четырех красках. В дальнейшем Татт показал, что это неверно, т. е. указал трехсвязный, плоский граф с 46 вершинами, который не является гамильтоновым. Позднее был найден однородный кубический, трехсвязный плоский граф с 42 вершинами.

В монографии Грюнбаума приведен наименьший известный в настоящее время трехсвязный плоский граф с 38 вершинами, не имеющий ГК, который был открыт сразу тремя исследователями Ледербергом, Босаком и Барнеттом независимо друг от друга.

Следует предположить, что таких графов много. Как оптимально быстро их искать? Поиску нового рекорда посвящена данная работа. До настоящего времени все найденные графы представляли ручную работу отдельных исследова-

телей. Далее рассмотрим сами графы и скорость их генерации при использовании других алгоритмов.

Однородные графы используются в проектировании вычислительных сетей, когда каждый компьютер сети соединен с равным числом компьютеров. Также используются в исследовании однородных вычислительных сред, в теле коммуникации и т.д.

Впервые полный набор из 19 графов  $K10^3$ , куда входит известный граф Петерсена, был перечислен в 1900 году. Дальнейшие перечисления  $K123$   $K143$  ... были затруднены ростом числа таких графов.

**Таблица 1** – Длительности генерации регулярных графов по М. Менергеру

n	k	Graphs	Candidates	Cand./Graph	CPU-time
4	3	1	1	1.00	0.0s
6	3	2	2	1.00	0.0s
8	3	5	10	2.00	0.0s
10	3	19	37	1.95	0.0s
12	3	85	214	2.52	0.0s
14	3	509	1406	2.76	0.1s
16	3	4060	10432	2.57	1.0s
18	3	41301	96279	2.33	10.8s
20	3	510489	1079585	2.11	2min19s
22	3	7319447	14341762	1.96	34min44s
24	3	117940535	217873241	1.85	9h 43min

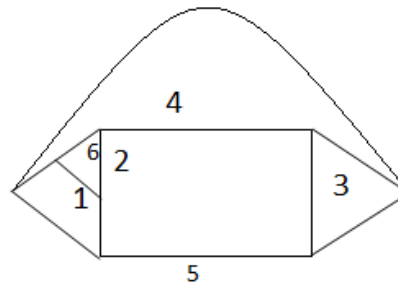
Алгоритм, данный в этой статье, позволяет генерировать графы до  $K38^3$  всего за три минуты, что намного превосходит скорость генерации графов по Менергеру. Перейдем к самому алгоритму.

**Процесс генерации.** Выбирается очередная грань графа, на паре ребер которой устанавливается переключатель генерации. Полученный граф записывают в массив сгенерированных графов, таким образом, переключатели устанавливаются последовательно между всеми парами ребер выбранной грани. В результате формируется массив, количество массивов соответствует числу угольности грани. Выбираем следующую грань и продолжаем те же действия. После окончания генерации графа производим очистку на изоморфизм. Переключатель генерации имеет 2 входа, расположенных на парных ребрах грани генерации.

**Алгоритм.** В исходной записи графа находится строка с номером грани генерации. Устанавливаем фрагмент генерации. Выполняем новую запись граней генерации, которая будет состоять из двух строк. Первая сохраняет номер грани генерации, запись переписывается с изменением фрагмента генерации, все записи внутри фрагмента удаляются и вставляется номер новой грани. Вторая — номер новой грани, в скобках первым элементом является грань генерации, затем полностью весь фрагмент генерации. Далее избираются грани, на которых есть входы переключателя. В скобках находится грань генерации. И она заменяется на две — саму себя и новую грань.

### Пример генерации:

1(4 2 5)	▶	1(4 6 2 5)
2(1 4 3 5)		6(1 4 2)
3(2 4 5)		2(1 6 4 3 5)
4(1 5 3 2)		4(1 6 5 3 2)
5(1 4 3 2)		



### Список цитированных источников

1. <https://sites.google.com/a/labore.ru/teoria-grafov/vvedenie-v-teoriyu/1>.
2. Хаггарти, Р. Дискретная математика для программистов.

УДК 656.025.2

**Христолюбова А.Д., Слинко Е.В.**

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

## АДАПТИВНЫЕ И ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ «ИНФОБУСОМ»

В наше время развитие беспилотного автотранспорта разделилось на 3 основных направления:

- потребительское (личное авто, такси, городская авто транспортная сеть);
- промышленное (специализированная техника);
- военное (боевые машины различного спектра задач).

В данный момент развитие беспилотного транспорта идет по всем перечисленным направлениям. Однако именно развитие потребительского беспилотного автотранспорта является основной задачей для общества. В статье будет идти речь об оптимизации перевозки людей при помощи беспилотного автотранспорта «Инфобус».

«Инфобус» — роботизированное автономное транспортное средство объемом V-пассажиров.

В отличие от таких известных транспортных средств, как автобус, троллейбус, метро, трамвай, инфобус может функционировать только в составе ИИС (интеллектуальной информационной системе). Данный вид является транспортом по вызову или по потребности.

Интеллектуальная информационная транспортная система массовой конвейерной перевозки пассажиров является комплексом разработок, предназначенных для оптимизации перевозки пассажиров в пределах города, снижения экономических затрат на общественный транспорт и улучшения экологической обстановки города.

Это транспортная система, удовлетворяющая следующим семи критериям, установленным The Advanced Transit Association (ATRA):

1. Полностью автоматические транспортные средства (без водителей).
2. Транспортные средства находятся только на специальных путях (guideway), которые предназначены для исключительного использования такими транспортными средствами.

3. Небольшие транспортные средства доступны для исключительного использования одним пассажиром или маленькой группой, которая едет вместе по своему выбору — без случайных попутчиков. Транспортные услуги доступны 24 часа в сутки.

4. Небольшие специальные пути могут быть надземными, на уровне земли или подземными.

5. Транспортные средства могут использовать все специальные пути и станции. Электрокары ездят по специально предназначенным путям, не пересекающимся с наземным транспортом.

6. Прямое сообщение из пункта отправления в пункт назначения, без необходимости в пересадке или остановке на промежуточных станциях.

7. Транспортные услуги доступны по требованию, а не по твёрдому графику.

Объектом исследования являются интеллектуальные транспортные системы. Целью данной работы является нахождения алгоритмов «эффективности» системы «Инфобус» в целом, т. е. предполагается решение следующих задач:

1. Минимальное время движения всех вагонов.

2. Нахождение минимального количества вагонов для перевозки всех пассажиров.

3. Поиск всех способов передвижения.

4. Нахождение оптимального способа движения всех вагонов.

Ниже представлены некоторые алгоритмы, для решения поставленных задач.

**Алгоритм построения и заполнения матрицы корреспонденции.** Пассажиропоток, поступая на каждую остановку, дифференцируется по месту назначения. Для наглядного рассмотрения монорельсового средства передвижения «Инфобус» представим его работу в виде матрицы корреспонденции, используя алгоритм её построения и заполнения:

1. Построим матрицу корреспонденций размером  $n \times n$ , каждый элемент  $a_{ij}$  — номер вагона, который содержит в себе число пассажиров, желающих отправиться с  $i$ -й на  $j$ -й станцию ( $i$ -строка,  $j$ -столбец):

— вычеркнем ячейки главной и под главной диагональю (т. к. пассажир не может выйти на остановке, на которой сел в вагон, и не может ехать «назад»);

— заполним матрицу элементами  $a_{ij}$ , начиная с правой стороны относительно главной диагонали.

2. Заполнение  $i$ -ой строки: ( $i, j=1, n$ ):

—  $i$ -ую строку заполняем с конца до  $i+1$  ячейки значениями промежутка  $\alpha_1(i, j) \in [1, \lfloor n \uparrow 2/4 \rfloor]$  где  $\lfloor \frac{n^2}{4} \rfloor$  — минимальное число вагонов;

— возьмём  $a_{i,j}$  значение первой ячейки справа от диагонали ( $(j - i)$  ячейка) и продублируем его в каждую  $(j-i)$  ячейку по диагонали при этом проверяем свободна ли данная ячейка;

— предыдущий пункт повторяется для всех ячеек данной строки, пока для них свободны ячейки.

3. Заполнение всей матрицы (всех строк) (рис. 1):

Повторение пункта 2 для всех строк до того момента, пока  $a_{i,j}$  не станет равным  $\lfloor \frac{n^2}{4} \rfloor$  или пока все ячейки не будут заполнены.

**Вывод:** матрица корреспонденции наглядно отображает работу движения электрокара «Инфобус». При данном заполнении матрицы мы можем видеть эффективность движения вагонов, которая отображает передвижение без препятствий и помех.

	1	2	3	4	5
1		$\alpha_4$	$\alpha_3$	$\alpha_2$	$\alpha_1$
2			$\alpha_4$	$\alpha_6$	$\alpha_5$
3				$\alpha_4$	$\alpha_3$
4					$\alpha_4$
5					

Рисунок 1 – Матрица корреспонденции

**Вывод формулы для нахождения минимального числа вагонов.** Для нахождения минимального числа вагонов воспользуемся матрицами корреспонденции и алгоритмом их заполнения (пункт 1.1.).

Общая формула нахождения минимального числа вагонов выглядит следующим образом:

$$S_m = \left\lceil \frac{n^2}{4} \right\rceil \quad (1)$$

**Алгоритм способов проезда (по матрице корреспонденции).** Для описания алгоритма способов проезда воспользуемся матрицей корреспонденции, описанной в предыдущем пункте, так как она позволяет рассчитать количество станций, проходящих вагоном для определённого способа проезда.

1. С помощью матрицы корреспонденции выписываем, сколько станций проезжает каждый вагон, включая ту, с которой он отправляется.

2. Выписываем все получившиеся значения в строку в порядке убывания.

3. Берём наибольшее число и по 1 раскидываем (переносим) его на минимальные числа до 2 (так как 2-минимальное количество станций, проезжающих одним вагоном), пока оно не станет равным 3.

4. Пункт 3 повторяем для всех чисел, пока строка не будет состоять только из 3 и 2.

Число получившихся строк — количество способов проезда. Последняя строка и является минимизацией, в которой  $t \approx$  равны у всех вагонов, где  $t$ -время движения вагона.

**Вывод:** Данный алгоритм иллюстрирует все возможные способы проезда вагонов, используя которые, можно перевести число пассажиров, желающих отправиться с  $i$ -й на  $j$ -й станцию

*Все получившиеся значения:*

95433332222222222222	65433333332222222222
85433333222222222222	...
75433333322222222222	3333333333333332222 — min

**Правильный способ проезда.** Для улучшения проезда необходимо учитывать порядок отправления вагонов. При отправке всех вагонов необходимо начинать с тех, которые едут на самую последнюю станцию, и каждый следующий надо отправлять по максимальному расстоянию + отправлять те вагоны, кото-

рые только будут брать пассажиров для перевозки на другую станцию. Все группы вагонов, которые будут отправляться, необходимо тоже отсортировать: отправляются по наибольшему расстоянию, начиная с тех, которые будут лишь наполняться пассажирами, а потом те, что перевозят уже пассажиров и высаживают на данной станции.

#### **Список цитированных источников**

1. Пролиско Е.Е., Шуть В.Н. Высокопроизводительный транспорт городской перевозки пассажиров на база мобильных работ.

**УДК 656.13.05**

**Черкасов А.А.**

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

### **МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ**

Последние достижения в области искусственного интеллекта позволяют предположить, что в скором времени автомобили будут оснащены приборами автономного управления. Уже сейчас в автомобилях присутствуют средства автономии, такие как круиз-контроль, GPS-база планирования маршрута или автономное рулевое управление. В скором времени неизбежно оснащение всех автомобилей приборами автономного управления, открывая тем самым возможность взаимодействия автомобилей между собой или с другими агентами, что приведёт к созданию мультиагентной сети.

Современный автомобиль является «высокоэлектроннофицированным» (авт.) объектом. Немалую его часть составляют различные электронные датчики, средства связи и программные приложения. Через интернет авто-мобили могут общаться друг с другом и с объектами дорожной инфра-структуры, ориентироваться в окружающей среде, адекватно реагировать на её изменения. Автомобиль по реактивности на окружающую среду становится похож на представителя некоторого биологического вида. Со временем ещё будет оценена степень этой схожести. Такое резкое качественное изменение автомобиля, его свойств, требует разработки новых методов управления им в улично-дорожной среде (УДС) города.

Современные автомобили могут быть оснащены всем необходимым оборудованием для автономного движения и планирования пути на основе систем глобального позиционирования. При помощи беспроводного взаимодействия и систем позиционирования современные АТС способны образовывать мультиагентную систему, что приводит к более эффективному дорожному движению.

Для решения задачи управления транспортным движением используются методы мультиагентных систем. Для нашей задачи управления транспортным движением автономное транспортное средство-агент может изменить свое решение в любой момент независимо от других. Таким образом, например, поведение водителя, который сначала двигался к одному объекту, передумал и решил поехать к другому, не отразится на эффективности работы всей системы. Автомобиль-агент построит такой маршрут, который будет справедливо эффективен как для самого агента, так и для МАС в целом. Заметим также, что здесь можно ввести приоритет агента. Например, у скорой помощи или пожарной машины должен быть максимальный приоритет.



Транспортные средства, задействованные в мультиагентной системе управления, оснащены датчиками и имеют функцию общения: возможность для обмена данными с другими транспортными средствами. Автомобили движутся пачками, так как при таком способе значительно увеличивается плотность движения, при этом движение пачки происходит на больших скоростях, так как указанием рекомендованной скорости движения автомобиля управляет система. При этом для соблюдения дистанции между автомобилями, на каждом из них установлен специальный датчик, который и следит за дистанцией.

Агентами в данной системе являются отдельные автомобили, пачки транспортных средств, а также придорожные агенты-менеджеры, которые координируют действия автомобилей.

Координация происходит путём задания текущей скорости, с которой должен двигаться каждый конкретный автомобиль или пачка, а также определение того, к какой пачке должен примкнуть вновь появившийся отдельный автомобиль.

При появлении нового автомобиля на дороге данный автомобиль информирует о своём появлении ближайший агент-менеджер, который находится на данном участке дороги. Данный агент находит ближайшую пачку, к которой может присоединиться этот новый автомобиль (при этом выбирается такая пачка, что автомобиль успеет её догнать и присоединиться, и это присоединение не вызовет конфликтов с другими пачками), если такая пачка не найдена, то данный автомобиль образует новую пачку, а агент-навигатор назначает этой пачке подходящий квант времени и скорость, с которой должна двигаться пачка.

После того, как пачка исчезает из поля действия данного участка дороги, навигатор «забывает» об этих автомобилях, а эти самые автомобили сообщают о своём появлении новым агентам-менеджерам, в направлении которых они будут двигаться, и процедура назначения пачки и скорости для данных автомобилей повторяется.

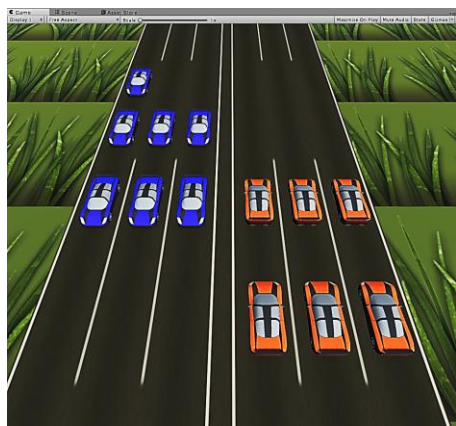
Задачи, которые должна решать реальная система управления городским дорожным движением:

- безопасность: не допускать аварийных ситуаций при регулировке движения;
- пропускная способность: повысить интенсивность движения в дорожной сети;
- комфорт для водителей: уменьшение времени проезда городских участков дорог, приемлемая скорость движения;
- приоритетный режим для общественного транспорта: чтобы обеспечить движение общественного транспорта по расписанию (трамваи, троллейбусы, автобусы с вместительностью более 100 человек), требуется особый режим освобождения участка дороги;
- адаптивность: иметь режим переключения доступных полос движения. Число доступных полос движения дороги может меняться в результате погодных условий (заснеженные дороги), проведения дорожных ремонтно-строительных работ, возникновения дорожно-транспортных происшествий, парковки в неразрешенном месте и пр.;
- надежность: при выходе из строя управляющего центра (обрыве коммуникаций, замыкании и т. д.) должен быть предусмотрен автономный режим работы каждого элемента.
- диагностика: ключевые элементы системы должны регулярно предоставлять данные о техническом состоянии. При сбое элемента должно прийти соответствующее сообщение в управляющий центр и оно должно быть записано в журнал лога;
- мониторинг: сбор данных о текущей дорожной ситуации (интенсивность движения машин, типы автотранспорта, средняя скорость, места аварий и пр.).

Наиболее подходящим способом проверки эффективности работы алгоритма является имитационное моделирование. Однако среды моделирования, позволяющей провести эксперименты с использованием такого алгоритма и сравнить результаты с классическим и адаптивным управлением, найдено не было. В связи с этим среда моделирования была разработана самостоятельно. В следующем разделе приведено описание, архитектура и основные алгоритмы ее работы.

Исследование систем на моделях имеет ряд преимуществ перед исследованием их методом эксперимента:

- в модели явление можно представить в «чистом» виде, не искаженном посторонними влияниями и ненужными деталями;
- с помощью модели возможен опыт там, где невозможен из-за недоступности реального объекта или его дороговизны;
- модель даёт возможность многократного повторения опыта до получения всесторонне обоснованных выводов, до познания сущности явления;
- моделирование позволяет экспериментировать с системой, меняя ее характеристики и исследуя поведение, что не всегда возможно при изучении реальных систем;
- изучение процесса на модели обходится, как правило, значительно дешевле и требует значительно меньших затрат времени.



**Рисунок 1** – Пример симуляции дорожного движения в среде Unity

Для реализации работы данной системы была выбрана игровая среда Unity.

Система формирует координированные пачки, которые движутся с минимальным расстоянием между собой, при котором следующий автомобиль успеет остановиться при внезапном выходе из строя предыдущего автомобиля, при этом если пачка уже организована, группа автомобилей движется на большой скорости, преодолевая участки дороги за минимальное время.

Разработанная система может быть использована для моделирования движения на реальных участках дороги и оптимизации дорожного движения. Также она может применяться для проведения экспериментов с произвольными алгоритмами мультиагентного управления. Предложенный алгоритм может быть рассмотрен в качестве альтернативы текущим методам регулирования движением в процессе внедрения новых технологий и автономных автомобилей.

В данной статье были описаны основные принципы работы системы, обеспечивающей оптимальное управление транспортными потоками в дорожной сети города, такие как организация автомобилей в координированные пачки, эффективное расположение автомобилей относительно друг друга и распределение скоростей их движения, а также принцип работы системы при движении автономных автомобилей вместе с автомобилями, управляемыми водителями.

#### **Список цитированных источников**

1. [http://aam.lenexpo.ru/sites/default/files/4/34/50234/intellektual\\_naya\\_transportnaya\\_sistema\\_-\\_politehnicheskij\\_universitet-doklad.pdf](http://aam.lenexpo.ru/sites/default/files/4/34/50234/intellektual_naya_transportnaya_sistema_-_politehnicheskij_universitet-doklad.pdf)
2. Введение в математическое моделирование транспортных потоков / Под редакцией А.В. Гасникова. — М.: Издательство МЦНМО, 2013.

## **О ВАРИАНТАХ РЕАЛИЗАЦИИ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ РУКИ АНТРОПОМОРФНЫМ МАНИПУЛЯТОРОМ**

В процессе разработки методов и средств замещения ручного труда автоматическим либо автоматизированным выполнением операций часто встречается задача копирования рутинных движений руки, которые совершает человек в ходе взаимодействия с различными предметами. Разработка необходимых для этого манипуляторов требует решения трех проблем: создание исполнительных механизмов, обеспечивающих антропоморфное движение манипулятора, разработка методов захвата и декодирования моторики руки человека-оператора, а также реализация системы тактильной обратной связи. В зависимости от конкретной задачи могут быть задействованы все три либо какие-то две из перечисленных функций [1, 2]. Ниже мы рассмотрим конструкции, задействованные в существующих реализациях данных функций.

Характерным примером реализации является роботизированная конечность Shadow Dextrous Hand, изображённая на рисунке 1-а, была представлена на робототехнической выставке International Robot Exhibition 2009 в паре с оригинальной сенсорной перчаткой [3]. Оператор надевает эту перчатку для удаленного управления механизмом. Оснащенная набором сенсоров, она захватывает каждое движение человека, а манипулятор его в точности повторяет.



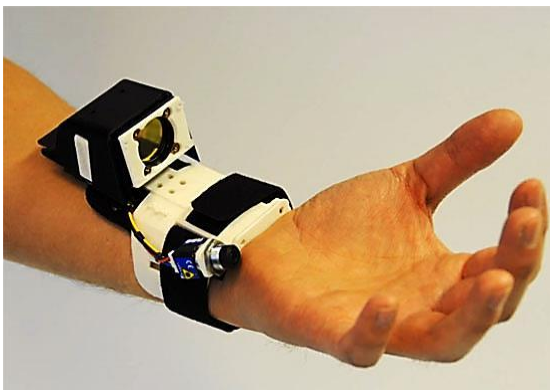
**Рисунок 1 – Манипуляторы Shadow Dexterous Hand (а), и ExoHand (б), выполняющие удержание объекта, а также Перчатка для захвата движений Essential Reality Glove (в)**

Система не только воспроизводит движения человеческой руки, но также обеспечивает силу и чувствительность, сравнимую с человеческой. Для каждого пальца используется 2 «сухожилия». Эта рука выполняет 24 различных движения, что позволяет с зеркальной точностью повторять движения живой конечности. Роботизированный механизм захватывает хрупкие предметы, не повреждая их, может выполнять элементарную работу, а также писать. Имеются две основные модификации: на сервоприводах и пневматических мышцах. Вес устройства – до 4 кг, а стоимость около 100 000 €.

В отличие от данной конструкции, система EхоHand, разработанная компанией Festo [4], представляет собой экзоскелет в виде перчатки, которую можно одевать на руку (рис. 1-б). Все движения рук оператора регистрируются и передаются к автоматической руке робота в режиме реального времени. При этом датчики и исполнительные механизмы обеспечивают функционирование обратной связи, что позволяет оператору чувствовать то, что «чувствуют» пальцы робота, касаясь или захватывая различные предметы. Это позволит людям дистанционно оперировать предметами, представляющими опасность или находящимися в потенциально опасной среде, не касаясь этих предметов и не подвергая риску свою жизнь. Конструкция EхоHand рассчитана таким образом, что он поддерживает все степени свободы, которыми обладает кисть человека и ее пальцы. Датчики давления, угловых перемещений и положения позволяют с помощью головок пневматических приводов полностью и с высокой точностью скопировать движения руки оператора. Сейчас система позиционируется как более удобный вариант удалённых манипуляторов для лабораторий и залов атомных электростанций. Пока Festo не планирует устройство к широкой продаже, рассчитывая сперва несколько упростить технологию его изготовления.

В качестве примера систем управления рассмотрим перчатку Essential Reality Glove, которая разрабатывалась и создавалась, в первую очередь, для домашнего использования и сферы развлечений (рис. 1-в).

Конструкция перчатки представляет собой пластиковый корпус, закрепляющийся на запястье, с пятью резиновыми полосками. Каждая из этих полосок с помощью пластиковых колец закрепляется на пальце. Каждая полоска, надеваемая на палец, представляет собой датчик изгиба и передаёт компьютеру информацию об относительном положении пальца [5]. На корпусе установлены 8 инфракрасных светодиодов, которые передают сигнал приёмнику. Такое относительно большое количество позволяет точно определять положение в пространстве сложного объекта (в данном случае – ладони человека). Перчатка подсоединяется двухметровым кабелем к базовой станции, от которой и питается.



**Рисунок 2** – Устройство Microsoft Digits, установленное на запястье руки

Другой подход в отслеживании движений пальцев был представлен на симпозиуме Symposium on User Interface Software and Technology компанией Microsoft изобретением которое получило название Digits [6]. Устройство отслеживает движения рук и пальцев человека с помощью небольшого прибора, закрепленного на запястье. При этом не требуется использования никаких перчаток. Устройство может определить положение, движения рук и пальцев чело-

века в трехмерном пространстве и перевести их в команды управления работой программного обеспечения различных цифровых устройств.

Опытный образец Microsoft Digits, который был продемонстрирован на симпозиуме, имеет в своем составе инфракрасную камеру, лазерный инфракрасный указатель, инфракрасный светильник, освещающий рассеянным светом руку человека, и блок, измеряющий движения инерционным методом. На рисунке 2 изображено устройство, закреплённое на запястье руки.

Разработкой Microsoft является также бесконтактный сенсорный контроллер Kinect, выпускаемый серийно и предназначенный, как и Essential Reality Glove, преимущественно для индустрии развлечений. Набор датчиков Kinect включает два сенсора глубины, цветную видеочкамеру и микрофонную решетку. Само устройство монтируется стационарно и с помощью специализированного программного обеспечения распознает движения оператора, находящегося в зоне сканирования. При удачном расположении оператора устройство в состоянии с умеренной точностью регистрировать движения пальцев руки.

Несколько устройств Microsoft Digits могут быть надеты на различные части тела человека, что позволит получить полный аналог Microsoft Kinect, только отслеживающий движения с большей точностью. Другой особенностью устройства Microsoft Digits является отсутствие необходимости физического подключения к управляемому устройству (смартфону). Это означает, что человек может свободно перемещаться.

Таким образом, можно выявить следующие схемы передачи движений:

— перчатка, оснащенная датчиками изгиба, регистрирует движения руки и передает их на сервоприводы либо пневматику манипулятора; в данной схеме возможна реализация обратной связи, выполняемая через встроенные в манипулятор датчики (на основе пьезоэффекта, изгиба и др.) исполнительные механизмы, встроенные в перчатку;

— оптическая система (с большей свободой движений, но без возможности обратной связи), монтируемая стационарно или надеваемая на руку, регистрирующая движения с помощью системы инфракрасных и/или оптических датчиков и, возможно, призм, обеспечивающих нужную зону обзора.

#### **Список цитированных источников**

1. Попов, Е.П. Манипуляционные роботы: динамика и алгоритмы / Е.П. Попов, А.Ф. Верещагин, С.Л. Зенкевич. — М.: Наука, 1978. — 400 с.

2. Медведев, В. С. Системы управления манипуляционных роботов / В.С. Медведев, А.Г. Лесков, А.С. Ющенко. — М.: Наука, 1978. — 416 с.

3. Механическая рука Shadow Dextrous Hand / dailytechinfo.org [Электронный ресурс]. — 2016. — Режим доступа: <http://www.dailytechinfo.org/robots/794-mexanicheskaya-ruka-shadow-dextrous-hand-odin-iz.html>. — Дата доступа: 28.03.2016.

4. ExoHand. Экзоскелет кисти человека / na-komp.ru [Электронный ресурс]. — 2016. — Режим доступа: <http://www.na-komp.ru/nastrojka-i-remont/exohand-ekzoskelet-kisti-cheloveka.html>. — Дата доступа: 28.03.2016.

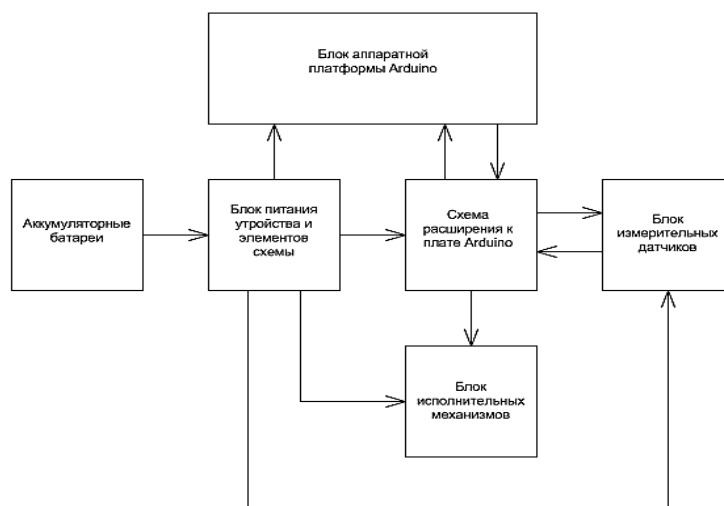
5. Essential Reality P5 Glove / morpheus.in.ua [Электронный ресурс]. — 2016. — Режим доступа: <http://morpheus.in.ua/a188043-essential-reality-glove.html>. — Дата доступа: 28.03.2016.

6. Прототип нового контроллера от Microsoft / gametech.ru [Электронный ресурс]. — 2016. — Режим доступа: <http://www.gametech.ru/news/30754>. — Дата доступа: 27.04.2016.

## АРХИТЕКТУРА АНТРОПОМОРФНОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО МАНИПУЛЯТОРА НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO

В настоящее время разрабатывается довольно много устройств, позволяющих использовать пальцы рук в качестве источника управляющих сигналов для антропоморфного исполнительного механизма. Соответственно возрастает актуальность разработки недорогих конструкций и схем, осуществляющих съём данных для управления и их преобразование в движение соответствующих механических узлов. Решению настоящей задачи посвящена настоящая работа.

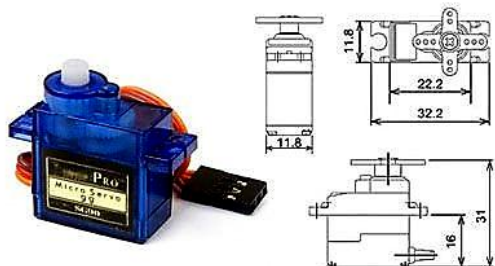
В качестве основы для микроконтроллерного блока, выполняющего обработку сигналов, поступающих с измерительных датчиков, а также передачу сигналов управления к исполнительным устройствам, выбрана популярная платформа Arduino, распространяемая с полным комплектом документации и, благодаря открытой архитектуре, имеющая широкий спектр опубликованных наработок [1]. Плата Arduino включает микроконтроллер ATmega, а также стандартные элементы обвязки для программирования и интеграции с другими блоками. Поскольку в микроконтроллере предварительно прошит загрузчик, программирование и обмен данными с ПК выполняется через USB-обертку последовательного интерфейса. Схема расширения к плате Arduino представляет собой печатную плату, подключаемую непосредственно к Arduino для уменьшения количества внешних проводников.



**Рисунок 1** – Структурная схема блока управления роботизированным антропоморфным манипулятором

Структура разрабатываемого блока управления роботизированным антропоморфным манипулятором показана на рисунке 1. Блок питания устройства и элементов схемы задаёт необходимые напряжения питания для функционирования контроллера Arduino, исполнительных механизмов, а также измерительных датчиков. Блок исполнительных механизмов представлен пятью сервоприводами, которые выполняют необходимые действия для имитации основных движений руки. Блок измерительных датчиков представлен набором датчиков изгиба, предназначенных для фиксирования степени сгибания пальцев руки.

Сервоприводы блока исполнительных механизмов отвечают за сгибание пальцев манипулятора. Они позволяют с высокой точностью регулировать вращение их оси в пределах от 0 до 180 градусов. Каждый сервопривод снабжён встроенным драйвером управления, что упрощает проектирование и сокращает аппаратные затраты. При помощи системы тросов для обеспечения движения одного пальца требуется всего один сервопривод, а для исполнительного механизма в виде пятипалой руки — соответственно 5 сервоприводов. Внешний вид и основные размеры сервопривода SG90, использованного при реализации манипулятора, изображены на рисунке 2.



**Рисунок 2** – Сервопривод SG90 и его установочные размеры



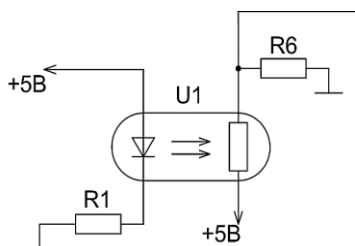
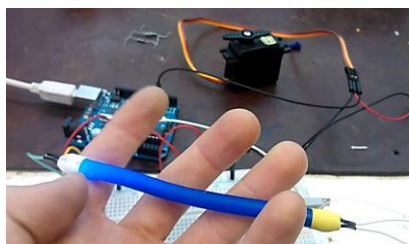
**Рисунок 3** – Принцип работы датчика изгиба

Управляющие сигналы формируются микроконтроллером при обработке сигналов, поступающих с блока измерительных датчиков. Для фиксирования степени сгибания каждого из пальцев руки была разработана цифровая перчатка. Принцип работы основан на использовании резистора изгиба. При сгибании пальцев резисторы будут сгибаться вместе с ними, тем самым изменяя своё сопротивление. Таким образом, сравнив разницу величины сопротивления каждого согнутого резистора с величиной, равной величине сопротивления выпрямленного резистора, можно с достаточной точностью определить, насколько сильно согнут тот или иной палец.

Для удешевления конструкции было принято решение о создании оригинального датчика изгиба. Принцип его работы основан на фоторезисторе и светодиоде. Свет от светодиода поступает на фоторезистор по силиконовой трубке. При ее изгибе свет будет падать в меньшем количестве, а значит, у фоторезистора будет меняться сопротивление на выходе. На рисунке 3 изображён принцип работы датчика, основанного на светодиоде и фоторезисторе.

Подключая его к Arduino, нужно подключить фоторезистор и светодиод между 5В и землёй (GND) через резисторы, а показания снимать в месте спайки фоторезистора и подтягивающего резистора. На рисунке 4 изображён получившийся датчик изгиба и его эквивалентная схема.

К плюсам такого датчика можно отнести низкую стоимость, простоту сборки, а также неплохую линейность показаний и доступность расходных материалов.



**Рисунок 4** – Датчик изгиба



**Рисунок 5** — Схема расширения к плате Arduino

Схема расширения к плате Arduino представлена печатной платой, которая соединяется непосредственно с аппаратной платформой Arduino при помощи штыревых контактов. На схеме расширения располагаются элементы, которые не удалось разместить на созданной цифровой перчатке. Также плата расширения позволяет минимизировать использование внешних проводников, тем самым увеличивая надёжность всей системы. На рисунке 5 изображена схема расширения.

В результате использования описанных конструктивных и схематических решений была разработана демонстрационная модель роботизированного антропоморфного манипулятора, позволяющая копировать движения руки человека. Проведённое тестирование показало работоспособность созданного действующего макета.

#### **Список цитированных источников**

1. Костюк, Д.А. Оценка состояния пользователя с помощью платформы Arduino / Д.А. Костюк, О.О. Латий // Информационные технологии и системы 2014 (ИТС 2014): материалы международной научной конференции; Минск, БГУИР, 29 октября 2014 г. – Минск: 2014. – С. 57–58.
2. Механическая рука Shadow Dextrous Hand / [dailytechinfo.org](http://dailytechinfo.org) [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://www.dailytechinfo.org/robots/794-mexanicheskaya-ruka-shadow-dextrous-hand-odin-iz.html>. – Дата доступа: 28.03.2016.
3. ExoHand. Экзоскелет кисти человека / [na-komp.ru](http://na-komp.ru) [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://www.na-komp.ru/nastrojka-i-remont/exohand-ekzoskelet-kisti-cheloveka.html>. – Дата доступа: 28.03.2016.
4. Essential Reality P5 Glove / [morpheus.in.ua](http://morpheus.in.ua) [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://morpheus.in.ua/a188043-essential-reality-glove.html>. – Дата доступа: 28.03.2016.
5. Прототип нового контроллера от Microsoft / [gametech.ru](http://gametech.ru) [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://www.gametech.ru/news/30754>. – Дата доступа: 27.04.2016.

*УДК 656.13.05*

*Шукало В.С.*

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

### **СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ РАЗЪЕЗДОМ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ**

За последние пятьдесят лет транспортное средство (ТС) претерпело большое количество изменений и улучшений: инженеры смогли шагнуть от первых прототипов полуавтоматической коробки передач до электромобилей Tesla и беспилотных автомобилей Google. С каждым днём возрастает не только качество автомобилей, но и их количество. Поэтому современные быстроразвивающиеся крупные города ежедневно сталкиваются с проблемами заторов на дорогах, что влечет за собой снижение пропускной способности дороги, нарушение работы экстренных и оперативных служб, общее увеличение времени в пути, приносящий экономический ущерб из-за потерянного времени, увеличение расхода топлива и, как результат, выброс вредных веществ, увеличение износа автомобиля, увеличения шума, стресс водителей и пассажиров, а также увеличение аварийности.

Рассмотрим факторы, отвечающие за контроль и управление транспортом. В настоящее время важнейшим из них и основным является светофор. Све-



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

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

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

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

Таким образом, задача сводится к следующему:

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

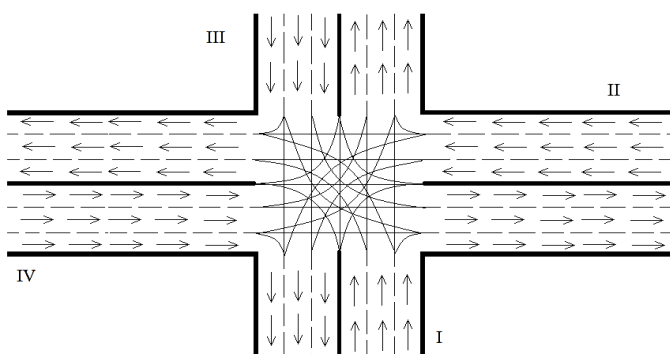
Алгоритм разъезда автомобильной пачки на перекрёстке. Перекрёсток является «узким» местом в дорожной сети, имеет ограниченную пропускную способность [3]. Существуют так называемые конфликтные зоны — зоны, где движения потоков автомобилей пересекаются. В современных системах эта проблема решается с помощью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

Избегать столкновений в конфликтных зонах можно, пропуская пачки автомобилей по очереди. При этом остальные пачки не ждут у стоп-линии, агент-менеджер на перекрёстке посылает сообщение ведущим машинам других пачек сбавить скорость. Таким образом, форсирование крестообразного перекрёстка уже состоит из 4-х этапов (один этап — разъезд пачки). 5-й этап — переход до-

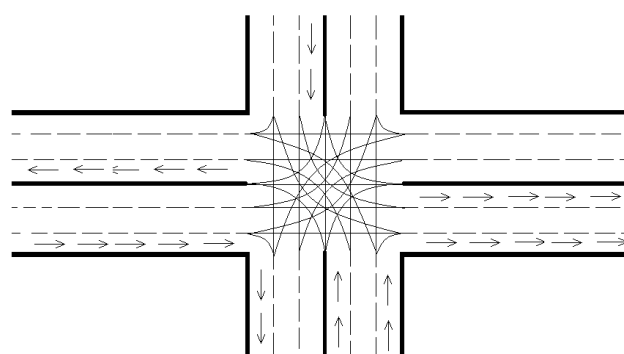
роги пешеходами. Он наступает тогда, когда предыдущие этапы к этому времени завершены, и завершает при повторе цикла.

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

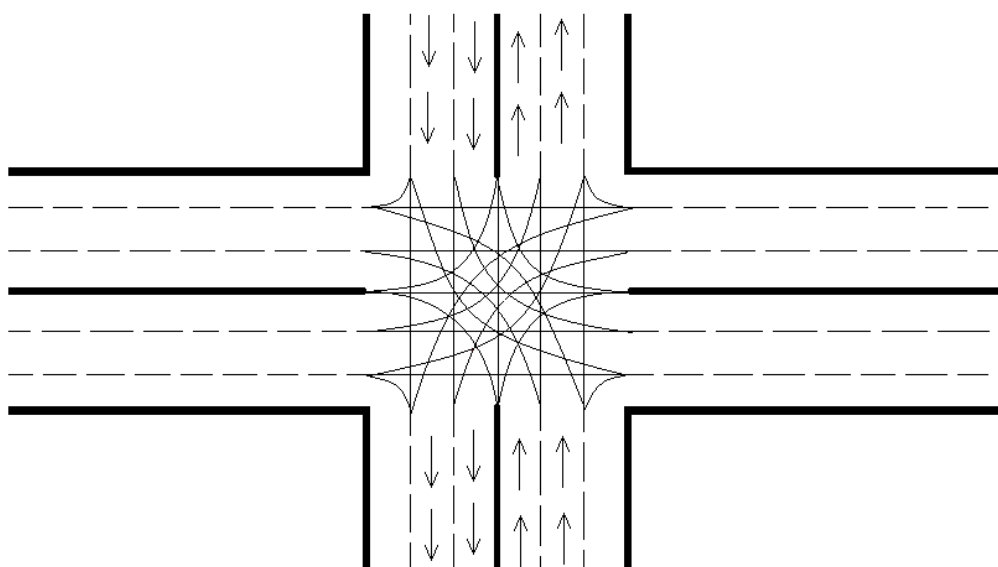
Также этап перехода дороги пешеходами может быть выполнен частично, если заранее известно, что в ближайшее время пешеходный переход не будет пересечён.



**Рисунок 1** – Крестообразный перекрёсток



**Рисунок 2** – Пример неконфликтной ситуации



**Рисунок 3** – Пункт 5 выполняется для II и IV

#### Список цитированных источников

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



**ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ И  
ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО  
ТРАНСПОРТА**

УДК 629.1.07

*Гинжук А.Н., Германович А.А.*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Концевич П.С.*

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДЛЯ КОРРЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕРВАЛОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Своевременное выполнение регламентных и ремонтных работ существенно влияет на техническое состояние транспортного средства, обеспечивая предусмотренные его конструкцией долговечность и эксплуатационные характеристики.

В связи с ростом цен на эксплуатационные материалы автотранспортные предприятия стремятся найти новые пути уменьшения затрат на техническое обслуживание транспортных средств, сохраняя при этом их эксплуатационные характеристики. В качестве одного из таких путей можно предложить снижение затрат путём определения оптимальных периодичностей технического обслуживания с помощью экспресс-диагностирования.

Для определения возможности использования экспресс-диагностирования при корректировании интервалов технического обслуживания транспортных средств авторы рассматривали таксомоторный парк, состоящий из 15 автомобилей «LADA GRANTA» (бюджетный переднеприводный автомобиль, разработанный Волжским автомобильным заводом на базе LADA KALINA) с бензиновым двигателем объемом 1597 см<sup>3</sup>.

В соответствии с рекомендациями завода-изготовителя основными расходными материалами в процессе эксплуатации данных автомобилей являются [1]:

- моторное масло ZIC 5W-30 (заправочный объем 3 литра);
- свечи зажигания BCPR6ES–NGK (количество закупаемых и используемых свечей — 4 штуки).

При этом рассматривались:

1. Затраты на обслуживание транспортных средств согласно рекомендации завода-изготовителя. При расчете данных затрат учитывались рекомендации завода изготовителя [1]: периодичность замены масла — 15000 км; периодичность замены свечей зажигания — 30000 км; полезный ресурс автомобиля — 210000 км.

2. Затраты на обслуживание транспортных средств, эксплуатируемых в городских условиях.

Так как автомобили таксомоторного парка в основном эксплуатируются в городских условиях, а эти условия считаются тяжелыми, то возможна преждевременная потеря свойств моторного масла, а также преждевременный выход из строя свечи зажигания, что может привести к: провороту шатунных вкладышей (принимался пробег 140000-160000 км); пропуску зажигания в цилиндре (принимался пробег 55000-65000 км). Поэтому затраты на устранение данных неисправностей учитывались при расчете затрат на обслуживание транспортных средств, эксплуатируемых в городских условиях.

3. Затраты на обслуживание транспортных средств при использовании экспресс-диагностирования для корректирования интервалов технического обслуживания.

Экспресс-диагностирование проводят как дополнительную проверку технического состояния автомобилей к обычной плановой системе проверки. Обычно экспресс-диагностирование выполняют на крупных автотранспортных предприятиях — автобусных, таксомоторных и грузовых парках, а также на станциях технического обслуживания автомобилей, где экспресс-диагностирование проходят легковые автомобили личного пользования. Отличительной особенностью экспресс-диагностирования является выдача результатов не в количественной оценке параметра, а в заключении «Исправно» или «Неисправно».

Для оценки текущего состояния моторного масла мы предлагаем использовать тестер фирмы Lubricheck. Данный тестер после нанесения нескольких капель моторного масла на приёмный датчик по десятибалльной шкале оценивает качество масла. Анализ проводится при помощи измерения ёмкостных и резистивных характеристик масла. Конечно Lubricheck не заменит лабораторный анализ, в котором используются спектрометры элементного и молекулярного анализа, кинематические вискозиметры и другие сложные и дорогие приборы. Но, поскольку Lubricheck количественно реагирует на большинство параметров, определяющих качество эксплуатируемых моторных масел, то он заблаговременно позволит определить потерю основных эксплуатационных характеристик масла.

Для оценки текущего состояния свечей зажигания мы предлагаем использовать тестер фирмы Brakefluidtester WH-509. Данный тестер может использоваться при проведении экспресс-диагностирования различных типов свечей зажигания и способен визуально проверить их работу без установки данных свечей на двигатель автомобиля. Тестер обеспечивает испытание функциональности свечей на бесперебойность искрообразования.

Поскольку автомобиль эксплуатируется в тяжёлых городских условиях, то при проведении экспресс-диагностирования тестеры будут показывать ненадлежащее состояние расходных материалов на пробеге, меньше указанного заводом-изготовителем. По предварительным данным эти пробеги составят: для масла 12500 км; для свечей зажигания 30000 км.

При расчете затрат на обслуживание транспортных средств при использовании экспресс-диагностирования учитывалась стоимость тестеров Lubricheck (для моторного масла) и Brakefluidtester WH-509 (для свечей зажигания). Результаты определения затрат приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Затраты на обслуживание автомобилей LADA GRANTA**

Расходный материал		Затраты на обслуживание одного автомобиля	Затраты на обслуживание 15 автомобилей
1	моторное масло ZIC 5W-30	843 руб. 64 коп.	10054 руб. 6 коп.
	свечи зажигания BCPR6ES-NGK	189 руб. 84 коп.	2847 руб. 6 коп.
2	моторное масло ZIC 5W-30	1225 руб. 65 коп.	12910 руб. 85 коп.
	свечи зажигания BCPR6ES-NGK	138 руб. 93 коп.	2655 руб. 7 коп.
3	моторное масло ZIC 5W-30	1024 руб. 42 коп.	11814 руб. 6 коп.
	свечи зажигания BCPR6ES-NGK	189 руб. 84 коп.	2847 руб. 6 коп.

По данным таблицы видно, что выгодно использовать экспресс диагностирование для определения оптимальной периодичности замены моторного масла, так как оно позволяет учитывать реальный ресурс масла. Свечи зажигания целесообразнее заменять в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя.

На основании перечисленного выше можно сделать вывод о том, что использование экспресс-диагностирования для некоторых расходных материалов позволяет снизить затраты на техническое обслуживание транспортных средств за счет более точного определения периодичности его проведения.

#### **Список цитированных источников**

1. Руководство по эксплуатации автомобиля LADA GRANTA и его модификаций / Разработчики: Ю.В. Сабанов, Н.В. Казаков, А.В. Мингачев, С.Ю.Сидоров. — М.: Март, 2016.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИОННОГО СИГНАЛА ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ВО ВРЕМЯ ОБРАБОТКИ**

Целью работы является накопление базы данных для исследования вибрационного сигнала, возникающего при резании и установление его связи с параметрами, определяющими состояние режущего инструмента при снятии припуска с поверхностей детали.

Задачи: 1) расширить имеющиеся знания и исследовать информативность вибрации в процессе резания на основе данных эксперимента; 2) провести эксперимент и обработать полученные данные.

Сегодня в связи с ростом промышленного производства всё большее внимание уделяется дальнейшему совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей с целью повышения их качества и уменьшения себестоимости, а, следовательно, конкурентоспособности выпускаемой продукции на рынке. Для этого необходимо тщательно изучать процессы, протекающие во время обработки. Особенно важно изучение самого процесса резания, так как его параметры влияют на длительность и надежность работы режущего инструмента, что сказывается на качестве, производительности и себестоимости механической обработки.

Из теории известно, что на процесс резания влияют такие факторы, как: скорость и глубина резания, свойства обрабатываемого материала, свойства инструментального материала, геометрия инструмента, СОЖ и износ режущего инструмента.

При определенных условиях процесс резания теряет устойчивость. Потеря устойчивости характеризуется возникновением вибраций — вредных периодических колебательных движений. При вибрациях ухудшается качество обработанной поверхности, значительно снижается стойкость инструмента (особенно твердосплавного и керамического), возникает шум, повышается утомляемость рабочего. В этом случае приходится уменьшать режимы резания, вследствие чего снижается производительность и не полностью используется мощность станка.

Раскрытие физических причин возмущения колебаний при резании металлов является важной задачей. Практика показала, что при различных условиях обработки могут появляться колебания детали, оборудования и инструмента разной частоты. Чаще всего деталь имеет низкочастотные колебания, а инструмент — высокочастотные. При возникновении вибраций снижается качество обработанной поверхности и период стойкости инструмента. Поэтому важно контролировать показатели процесса резания во время обработки деталей при производстве различных изделий.

Важной задачей является своевременное предупреждение возникновения критического износа режущего инструмента во время процесса обработки. Однако, с другой стороны, преждевременная смена или восстановление режущих свойств инструмента ведет к неполному использованию его ресурса и, следовательно, к увеличению себестоимости производства изделий.

Наиболее эффективным направлением в контроле состояния режущих инструментов является их мониторинг (непрерывный контроль). Все методы контроля текущей работоспособности режущего инструмента можно условно разделить на четыре группы:

1) устройства, в которых объектом контроля является режущий инструмент (ширина площадки износа, температура, расстояние от вершины или режущей кромки до постоянной базы);

2) объектом контроля является обрабатываемая деталь (размеры, шероховатость обработанной поверхности, температура на поверхности);

3) объектом контроля является стружка (форма, направление схода, температура);  
4) объектом контроля является процесс резания (длительность цикла обработки, мощность резания, силы резания, вибрации, акустическая эмиссия, ЭДС в зоне резания).

В свою очередь методы, представленные в этих группах, можно поделить на методы прямого контроля, основанные на регистрации износа инструмента, и косвенного контроля, использующие физические явления, сопровождающие процессы резания и изнашивания инструмента. Недоступность зоны резания для прямого наблюдения вынуждает исследователя строить модели и судить о контактных процессах по косвенным параметрам.

В научной работе по представленной теме было выбрано такое явление процесса резания, как вибрация.

Для углубления знаний о явлениях, возникающих при резании, были проведены экспериментальные исследования, в ходе которых выявлены некоторые закономерности влияния величины износа режущего инструмента на выбранный параметр.

Для проведения эксперимента был выбран часто востребованный в машиностроении метод обработки материалов резанием – сверление конструкционной стали в сплошном металле спиральным сверлом  $\varnothing 12$  мм ГОСТ 10902-77, изготовленным из быстрорежущей стали P6M5.

В качестве измерительного средства при проведении эксперимента был выбран аппаратно-программный комплекс, имеющийся в распоряжении кафедры «Технологии машиностроения» Брестского государственного технического университета.



**Рисунок 1** – Контрольно-диагностический комплекс, используемый в эксперименте

В качестве первичных измерительных преобразователей для измерения сил резания использовались тензометрические резисторы с номинальным сопротивлением 100 Ом. Данные измерительные преобразователи установлены в универсальном динамометре СУРП-600, который был адаптирован для работы с имеющимся контрольно-измерительным комплексом. Для получения вибросигнала применялся пьезо-электрический акселерометр модели AP-98 (рисунок 2). Вибродатчик устанавливается на крепежном магните, обеспечивающем усилие отрыва не менее 50 Н.



**Рисунок 2** – Пьезо-электрический акселерометр модели AP-98



**Рисунок 3** – Общий вид универсального динамометра СУРП-600 с установленной заготовкой



Эксперимент было решено проводить на радиально-сверлильном станке 2К52, позволяющем производить сверление отверстий в достаточно широком диапазоне скоростей резания, а также подач. Для опытов были использованы режимы резания в широком диапазоне. В качестве заготовки был выбран пруток диаметром 100 мм, изготовленный из стали 30 по ГОСТ 1050-88 и разрезанный на штучные элементы на токарно-винторезном станке.

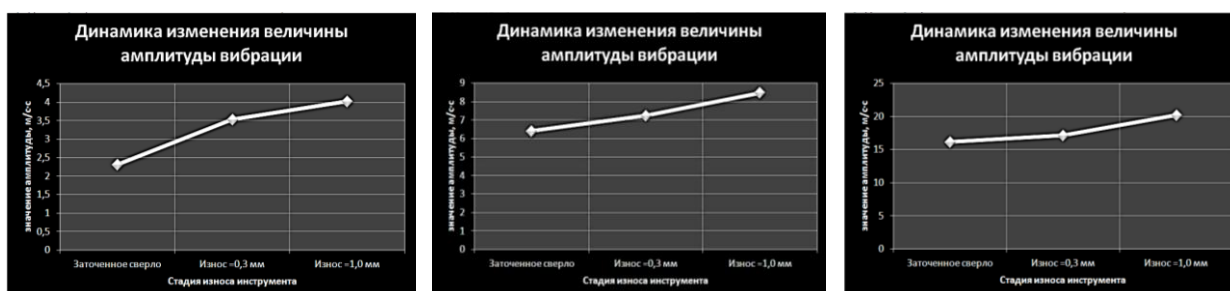
Для закрепления заготовки на универсальном динамометре СУРП-600 был использован съемный элемент, входящий в комплект поставки динамометра. Чтобы осуществить процесс сверления в центре габаритов динамометра, для исключения искажений показаний датчиков в различных направлениях, использовались специально изготовленные цилиндрические проставки, которые позволили произвести базирование заготовки по схеме в призму. Закрепление осуществлялось специальными болтами, вкручивающимися в резьбовые отверстия напротив вышеописанных проставок (рисунок 3).

В ходе эксперимента предполагалось произвести замеры вибрационного и силовых данных генерируемых в процессе сверления отверстия на разных режимах резания. После чего имитировался естественный износ инструмента в процессе сверления заготовки в пределах нормативного периода стойкости. Износ режущего инструмента по задней поверхности на величины, примерно равные 0,3 и 1,0 мм, периодически контролировался на универсальном измерительном микроскопе УИМ-21.

После произведенных манипуляций предполагалось произвести повторное снятие вышеописанных сигналов. Для наглядности и возможности проследить тенденцию изменений, было принято решение произвести не менее трех серий измерений вибрационного и силового сигналов.

В ходе анализа было получено большое количество диаграмм, отражающих параметры процесса резания металла (изменение величины и амплитуды виброускорения и средние показатели силовых факторов) при различных режимах резания и различных показателях износа задней поверхности сверла. На основании этого предоставляется возможность судить об изменениях состояния режущих свойств спирального сверла и, по возможности, использования этих данных в прогнозе катастрофической потери инструментом работоспособности.

Далее рассмотрим изменение значений амплитуды вибросигнала на различных значениях скорости резания (9,4 м/мин, 15,1 м/мин, 23,8 м/мин) и подаче 0,125 мм/об и на разных стадиях износа задней поверхности инструмента (0 мм; 0,3 мм; 1,0 мм).



**Рисунок 4** – Изменение величины амплитуды вибросигнала на разной скорости при подаче 0,125 мм/об

Как видно из представленных диаграмм, величина виброускорения с ростом скорости резания пропорционально растет. Такая же картина, т. е. увеличение амплитуды виброускорения, наблюдается при росте величины износа задней поверхности режущей части инструмента. Для подтверждения полученных результатов представим следующие диаграммы изменения амплитуды виброускорений на тех же скоростях, но при подаче инструмента равной 0,2 мм/об.



**Рисунок 5** – Изменение величины амплитуды вибросигнала на разной скорости при подаче 0,2 мм/об

Отмечаем, что величина виброускорения на одинаковых уровнях износа сверла при увеличении скорости резания растет, та же тенденция наблюдается при увеличении величины износа сверла, особенно на участках от 0,3 мм до 1,0 мм. Некоторое снижение величины виброускорения от 0 до 0,3 мм можно связать с приработкой заточенного инструмента.

Вышеприведенные доводы говорят о том, что такой динамический параметр процесса резания, как вибрация хорошо реагирует на изменение режущих свойств инструмента в процессе его работы. И может, с успехом, быть использован для диагностики состояния геометрических и размерных показателей режущей части как исследуемого в работе сверла, так и других режущих инструментов, работающих в схожих условиях.

В ходе проведения экспериментов, проведенных в рамках данной работы, получены результаты, которые свидетельствуют о том, что процесс сверления сплошного материала сопровождается выразительными динамическими явлениями, проявляющиеся в виде виброакустических процессов и сил резания. Одновременно установлено, что изменение состояния режущих свойств инструмента, незначительного или крупного, приводит к изменению как среднего значения и амплитуды виброускорения, так и величины силовых показателей процесса резания. Это позволяет констатировать достаточно высокую чувствительность вышеприведенных параметров к изменению режущих свойств, а также состоянию режущего инструмента и пригодность их для решения диагностических задач в процессе снятия припуска с поверхностей заготовки при производстве деталей в машиностроении.

#### **Список цитированных источников**

1. Жарков, И.Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом. – М.: Машиностроение, 1986.
2. Гордеев, Б.А. Метрология / Б.А. Гордеев, М.В. Новожилов, Д.И. Образцов. – 1990. – № 6. — С. 33–36.
3. Либерман, Я.Л. Диагностика состояния режущего инструмента – Екатеринбург, 2007.
4. Древаль, А.Е. Формирование отказов спиральных сверл в условиях автоматизированного производства – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/250866.html>

УДК 637.513.12

*Лавринович Р.С., Сакович Ю.В., Дорофеев М.А.*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Ляшук Н.У.*

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ УБОЯ И РАЗДЕЛКИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 25 ГОЛОВ В ЧАС

**Введение.** Разработка технического проекта технологической линии убоя и разделки крупного рогатого скота (далее — КРС) выполняется в соответствии с НИ-ОК(Т)Р «Разработка системы машин для мясожировых производств» гос № 20164697 от 29.12.2016 г., раздел «Разработка технологических линий убоя и разделки скота в соответствии с их классификацией». Классификация технологических линий убоя и разделки КРС по производительности [1] указана в таблице.

**Таблица** – Классификация технологических линий убоя и разделки КРС.

Пр-сть линий, голов/ч	Критерии классификации, характеристика применяемого оборудования	Применение линий
До 5	— транспортирование туш и полутуш на подвесном пути вручную; — бокс универсальный простейшей конструкции с ручным управлением; — подъем туш на путь обескровливания электролебедкой; — совмещение технологических операций на одной площадке; — шкурорезка типа «снизу-вверх»; — инструмент простейшей конструкции	животноводческие фермы в цехах санитарного убоя скота
До 25	— транспортирование туш и полутуш на подвесном пути с помощью подвесного конвейера; — бокс с фиксацией головы и туловища; — площадки подвижные для бойцов; — шкурорезка типа «сверху-вниз»; — механизированный инструмент; — транспортирование субпродуктов до позиций обработки на конвейерах	мясокомбинаты небольшой мощности; крупные животноводческие хозяйства
До 50	см. производительность до 25 голов в час, а также транспортирование отходов пневмотранспортом	мясокомбинаты средней мощности
До 80	см. производительность до 50 голов в час, а также возможно применение роботов на операциях забеловки и распиловки туш	крупные мясокомбинаты

Технологическая линия убоя и разделки КРС производительностью до 25 голов в час востребована в нашей стране и особенно в Российской Федерации. Этой темой заинтересовались машиностроительные предприятия г. Бреста. Планируется подача заявки на областной конкурс инновационных работ по данной теме и в программу РНТП Брестской области. Кроме того, во время пребывания группы студентов в октябре 2016 г. на международной выставке «Агро-продмаш – 2016», которая проходила в Москве, были проведены переговоры с российскими компаниями, занимающимися продажей мясоперерабатывающего оборудования о сотрудничестве. Семь компаний проявили заинтересованность в сотрудничестве по реализации предлагаемой технологической линии на российском рынке и рынке СНГ.

Одним из основных этапов разработки и постановки машиностроительной продукции на серийное производство является разработка технического проекта.

**Цель и задачи исследования.** Цель — организация серийного производства технологической линии на машиностроительном предприятии Республики Беларусь. Задачей является разработка технического проекта технологической линии убоя и разделки КРС 25 голов в час; определение технических характеристик технологической линии.

**Основная часть.** При расчетах задаются мощностью проектируемого цеха убоя скота и разделки туш и выбирают способ переработки сырья. Предварительно составляют технологическую схему производства, подбирают необходимое оборудование, а затем производят расчеты сырья, готовой продукции и вспомогательных материалов, оборудования, производственных площадей, рабочей силы, расхода пара, воды и электроэнергии.

Сырьевой расчет, получаемый на выходе линии, определяется в соответствии со средним живым весом (массой скота). Выпуск готовой продукции - мясо на кости, и продукты убоя (субпродукты, шкуры и пр.) рассчитывают по принятым нормам. Расход вспомогательных материалов рассчитывают по расходным коэффициентам на данную единицу продукции по проектным или производственным нормам.

Схема и состав технологической линии представлены на рисунке. КРС через загон 1 при помощи электропогонялки 2 заходят в бокс для оглушения 3. Там боец проводит оглушение при помощи пневматического устройства для оглушения 4, после этого в боксе открывается дверца и КРС вываливается на платформу для приема туш 5, где боец накладывает на одну ногу путовую цепь и при помощи цепного элеватора 6 подвешивает вниз головой на троллей обескровливания.

После оглушения туша продвигается на позицию обескровливания, где боец при помощи специальной удочки 11 накладывает лигатуру на пищевод, для предотвращения вытекания содержимого желудка КРС. После этого боец перерезает шейные кровеносные сосуды при помощи ручного ножа 7 и при помощи полого ножа 13 со шлангом производит сбор крови на пищевые цели в течение 30 секунд. Остальная кровь поступает в ванну для сбора крови 9. После этого проводится полное обескровливание в течение 8 минут, после окончания которого бойцом используется электростимулятор 15 для проведения обескровливания, с помощью которого отбирается дополнительно до 1 л крови и улучшается качество мяса. После каждого цикла инструмент дезинфицируется в дезинфекторе 8.

После этого туша идет по троллею в секцию подготовки к снятию шкуры, где боец при помощи ручных ножей 21 проводит забеловку головы, потом, при помощи гидравлических клещей 19 производится отрезание передних ног. Далее с помощью ручного ножа 21 проводится забеловка ахилловых сухожилий передних ног, потом при помощи рогорубки 22 отрубается рога.

Далее боец производит пересадку туш с конвейера обескровливания 10 на конвейер обработки туш 17, снимает путовую цепь и подвешивает туши на роликовые троллеи. На конвейере обработки производится забеловка шкуры задних ног ручным ножом 21, гидравлическими клещами 19 отделяется путовой сустав от цевки. Далее проводится забеловка хвоста ручным ножом 21.

На этом этапе проводится вырезание заднего проходника специальным устройством 20, далее проводится серия операций по забеловке с помощью пневматических ручных ножей 21: забеловка бедер и голяшек, забеловка вымени и паха, разрез шкуры по средней линии живота, забеловка брюшной части.

Затем при помощи гидравлических клещей 19 производится отделение путового сустава ног и ручным ножом 21 проводится забеловка цевки и ее отделение,

также тем же ручным ножом 21 проводится забеловка грудной части с предплечий, шеи и лопаток.

Туша готова для снятия шкуры, она поступает на роликосъемку типа «сверху-вниз» 25. На нем два бойца на подъемно-опускных площадках при помощи забеловочных ножей 26 проводят подрезание шкуры в процессе ее снятия шкуросъемкой, для качественного ее снятия. Затем туша поступает на позицию для обезглавливания, которая проводится при помощи резака для отделения головы 29. Головы поступают в машину для мойки голов 30, после чего с помощью конвейера 31 поступают на участок обработки.

Затем производится разрезание грудины дисковой пилой 28.

После этого распоротая туша поступает на нутровку для извлечения внутренних органов, где боец проводит сортировку органов на красные и белые и отправляет их на соответствующие конвейеры (33, 34). После этого туша идет на распиловку при помощи ленточной пилы 36, где проводится ее распиловка на полутуши. Далее бойцом проводится сухая зачистка полутуш при помощи пневматических ножей, в это входит отделение мясо-костного хвоста, зачистка от кровоподтеков и загрязнений, удаление внутреннего жира, срезание бахромок, зачистка шейного разреза, зачистка диафрагмы, удаление абсцессов.

После этого туша поступает на мокрую зачистку, где боец с помощью душирующего устройства 40 проводит мокрую зачистку. Далее ветеринаром на подъемной площадке 41 проводится окончательный ветеринарный осмотр. Если туша не годная, она отправляется на путь подозрительных туш 42.

Если полутуша годная, она отправляется на классификацию, клеймение, которое производится на стационарной площадке 43, затем взвешивание производится на монорельсовых весах 44. Далее по подвесному пути — в холодильник для хранения.

Также в рамках данной темы разработан технический проект одной из основных машин, входящей в состав технологической линии — шкуросъемки. Планируется разработка в этом году остального технологического оборудования, входящего в состав линии.

**Заключение.** В ходе выполнения настоящей работы разработан технический проект «Технологическая линия убоя и разделки КРС 25 голов в час». Произведен сырьевой расчет, а также определены технические характеристики технологической линии.

Данная разработка представляет интерес как для мясоперерабатывающей отрасли Республики Беларусь, так и для стран СНГ, т. к. в ходе анализа отечественного и мирового производства технологическая линия было определено, что ТЛ производительностью 25 голов в час является наиболее востребованной в странах СНГ.

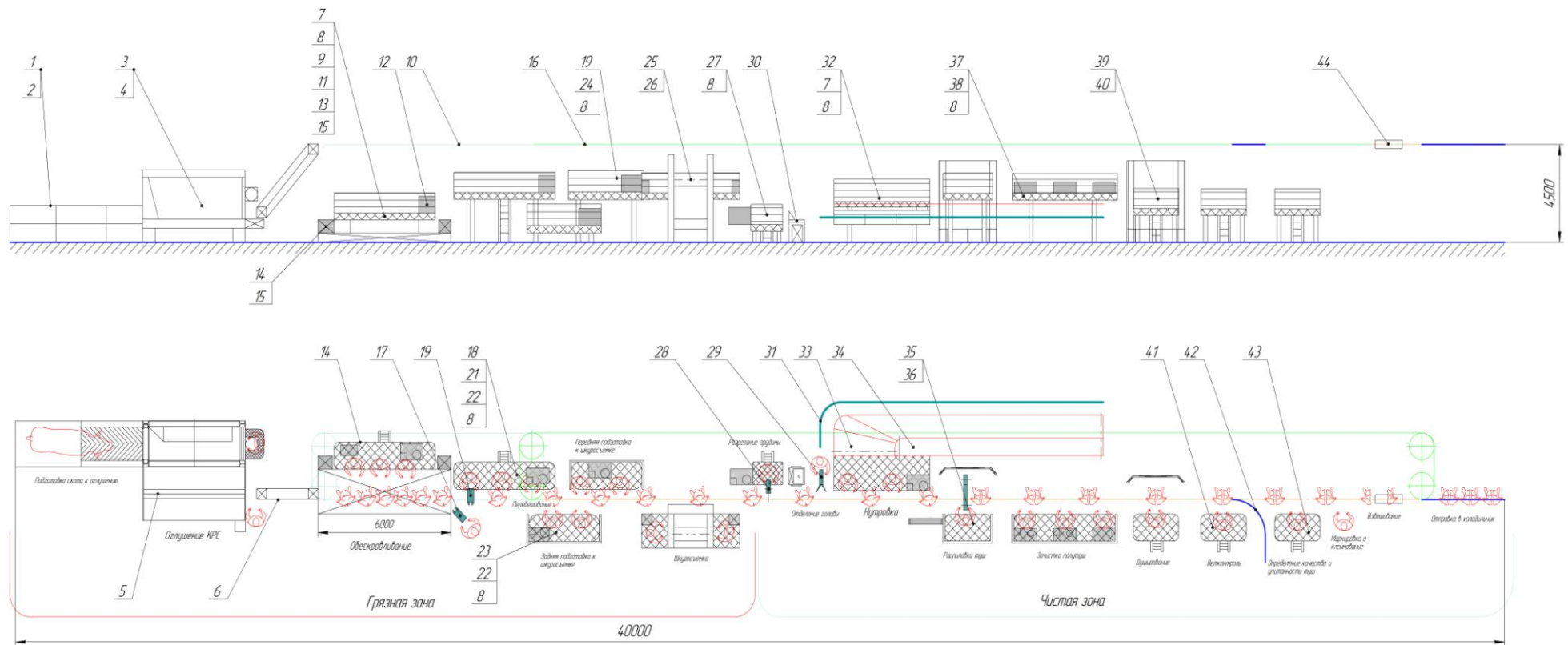
Результаты настоящей работы являются основанием для разработки рабочей документации для серийного производства линии, а также для разработки технологического оборудования, входящего в состав линии.

#### **Список цитированных источников**

1. Ляшук Н.У. Система машин для мясожирового производства. Классификация технологических линий убоя и разделки скота / Н.У.Ляшук, Р.А.Титовец // Новые технологии и материалы, автоматизация производства: Н72: материалы Междунар. научн.-техн. конф., Брест, 2–3 ноября 2016 г. – Брест: БрГТУ, 2016. – 236 с.

2. Мясожировое производство: убой животных, обработка туш и побочного сырья / Под ред. А.Б. Лисицына – М.: ВНИИ мясной промышленности, 2007.

3. Оборудование для мясной и птицеперерабатывающей промышленности. Отраслевой каталог / ЦНИИТЭИлегпищемаш. – Москва – 1986.



1 – загон, 2 – электрическая погонялка, 3 – бокс оглушения скота, 4 – пистолет для оглушения, 5 – платформа для приема туш, 6 – цепной элеватор, 7 – нож ручной, 8 – дезинфектор инструмента, 9 – ванна для сбора крови, 10 – конвейер обескравливания, 11 – удочка для наложения лигатуры, 12 – емкость для сбора крови, 13 – полый нож для сбора пищевой крови, 14 – стационарная платформа, 15 – электростимулятор, 16 – гидравлические клещи, 17 – конвейер для обработки КРС, 18 – стационарная платформа, 19 – гидравлические клещи, 20 – устройство для удаления заднего проходника, 21 – ручной нож, 22 – рогорубка, 23 – пневматическая платформа, 24 – пневматическая платформа, 25 – роликовый шкуроеъемник, 26 – нож забеловочный, 27 – стационарная платформа, 28 – пила для разрезания грудины, 29 – резак для отделения голов, 30 – машина для мойки голов, 31 – конвейер для голов, 32 – платформа для нутровки, 33 – конвейер для белых органов, 34 – конвейер для красных органов, 35 – пневматическая платформа, 36 – ленточная пила, 37 – пневматическая платформа, 38 – устройство для удаления спинного мозга, 39 – стационарная платформа 40 – душирующее устройство, 41 – стационарная платформа, 42 – путь подозрительных туш, 43 – стационарная платформа, 44 – монорельсовые весы.

**Рисунок** – Схема технологической линии убоя и разделки КРС производительностью до 25 голов в час

УДК 637.513.2

*Лавринович Р.С., Сакович Ю.В., Дорофеев М.А.*

*Научный руководитель: старший преподаватель Ляшук Н. У.*

## **АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УБОЯ И РАЗДЕЛКИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА, ВХОДЯЩЕГО В СОСТАВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 25 ГОЛОВ В ЧАС**

**Введение.** Исследования выполняются для определения прототипов разрабатываемых машин, входящих в состав линии убоя и разделки КРС производительностью до 25 голов в час. Разработка технологической линии убоя и разделки крупного рогатого скота (далее — КРС) выполняется в соответствии с НИОК(Т)Р «Разработка системы машин для мясожировых производств», государственный № 20164697 от 29.12.2016 г., раздел «Разработка технологических линий убоя и разделки скота в соответствии с их классификацией».

В СССР выпускалась линия убоя и разделки КРС производительностью до 25 голов в час. Однако это была разработка 60-70-х годов прошлого столетия и технический уровень оборудования, входившего в состав линии на сегодняшний день устарел.

**Объект исследования.** Объектом исследования является линия убоя и разделки КРС, а также основного технологического оборудования.

**Цель и задачи исследования.** Цель исследования — организация серийного производства технологической линии и оборудования, входящего в ее состав на машиностроительных предприятиях Республики Беларусь. Задачей является разработка технического проекта технологической линии убоя и разделки КРС 25 голов в час; определение технических характеристик технологической линии.

**Проблематика.** Данная работа направлена на исследование технологического оборудования, технологической линии убоя и разделки КРС производства стран СНГ и европейского производства, в состав которых входит бокс для оглушения и шкурорезная машина.

**Основная часть.** Технологическое оборудование, входящее в состав линии убоя и разделки КРС, подразделяется на следующие группы:

1. Основное технологическое оборудование, к которому относятся следующие машины:

- боксы для оглушения;
- устройства для подъема туш на подвесной путь;
- устройства для сбора пищевой крови;
- шкурорезки.

2. Подвесной путь и элементы подвесного пути.

3. Конвейера и другие средства для межоперационного транспортирования.

4. Площадки для бойца: стационарные и подъемно-опускные, в том числе площадка подъемно-опускная для нутровки и площадка подъемно-опускная для распиловки туш на полутуши.

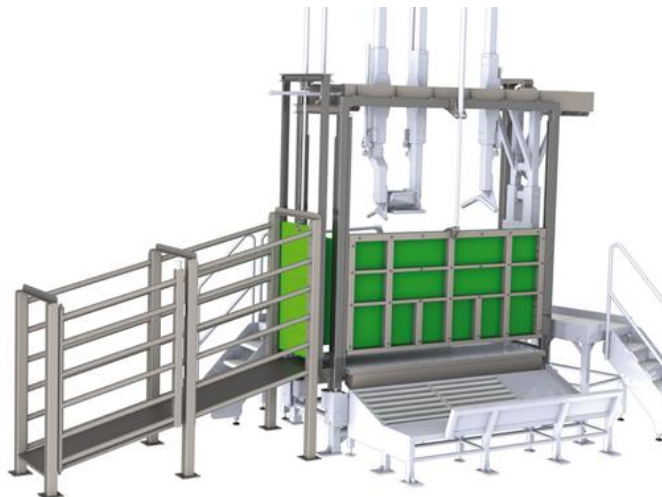
5. Инструмент (устройства для оглушения, пилы, ножи, резак для отделения ног, рогов, головы и т. д.).

6. Санитарно-гигиеническое оборудование.

Основным технологическим оборудованием является бокс для оглушения и шкурорезная машина.

**Оглушение** — это процесс воздействия на животное, с тем чтобы оно, оставаясь с работающим сердцем, лишилось способности двигаться. На предприятиях мясной промышленности применяют различные методы оглушения КРС.

Боксы оглушения для КРС (рис. 1) используются при оглушении всеми способами. Они прежде всего используются для отсекаания животного от основного потока, обездвиживания туши и головы, корректной укладки животного на бок, обеспечения безопасности труда бойцов при приеме выпадающей туши.



**Рисунок 1** – Бокс оглушения типа BRF II (BANNS)

Боксы для оглушения в зависимости от производительности подразделяются на:  
— до 5 голов в час — бокс универсальный простейшей конструкции с ручным управлением;

— до 25 голов в час — бокс с фиксацией головы и туловища;

— до 50 голов в час — пневматический бокс с фиксацией головы и туловища;

— до 80 голов в час — пневматический бокс с фиксацией головы и туловища саморазгружающийся;

Существуют также боксы для ритуального убоя (рис. 2)



**Рисунок 2** – Бокс для ритуального убоя КРС

**Съемка шкур** — специфический трудоемкий процесс, существенно влияющий как на выход мяса и жира, так и на качество и стоимость шкур. Применение машин позволяет повысить производительность труда при съемке шкур в 4...6 раз. Съемка шкур — физико-механический процесс разрушения связей между шкурой и нижележащими слоями. На предприятиях применяют механическую съемку шкур путем разреза и разрыва подкожного слоя.



По виду рабочего органа установки для съемки шкур с туш крупного рогатого скота делятся на три группы:

- росовые (бывают с жесткой направляющей или без нее);
- цепные (бывают периодического — модели ФУАМ, ФУА и А1-ФУУ — и непрерывного действия — модели «Ленинград» и «Москва»);
- барабанные (бывают с вертикально перемещающимся и качающимся барабаном).

Конструкции установки допускают съемку шкуры от головы к хвосту и в противоположном направлении.

Существуют две схемы съема шкур: «снизу-вверх» и «сверху-вниз».

В шкуроемках, работающих по схеме «сверху-вниз» (рис. 3), исходное положение вращающегося барабана, к которому прикрепляется начало шкуры, вверху туши. Барабан перемещается вниз. На него наматывается снимаемая с туши шкура. С каждого бока туши устанавливаются подъемно-опускные площадки с бойцами, которые подрезают ножами шкуру по мере ее сдирания с туши. При этом отсутствует риск попадания грязи со шкуры на оголяемую мясную тушу. Такие шкуроемки оснащаются электростимуляторами, которые воздействуют на мышцы животного, заставляя их сокращаться. Это улучшает процесс съема шкур. Такие шкуроемки обеспечивают высокую производительность. Однако они громоздкие, дорогие, требуют применения дополнительных затрат, поэтому применяются в линиях производительностью выше 10 голов в час.

В шкуроемках, работающих по схеме «снизу-вверх», туша фиксируется за нижние конечности, а шкура стягивается цепями, которые наматываются на барабан, закрепленный на каркасе подвесных путей. При этом присутствует риск попадания грязи со шкуры на оголяемую мясную тушу. Шкуроемки, работающие по схеме «снизу-вверх», проще по составу и конструкции и, следовательно, дешевле.



**Рисунок 3** – Шкуроемная машина



**Рисунок 4** – Ленточная пила для распила на полутуши SB 295 E (EFA)

Ведущими компаниями, изготавливающими инструмент для линий убоя и разделки скота, являются «Jarvis» США, «EFA» Германия и «FROUND» Германия. Пилы для распиловки туш на полутуши бывают лучковые и ленточные (рис. 4). Для линий убоя и разделки КРС рекомендуются ленточные.

**Заключение.** В ходе НИРС был проведен анализ основного технологического оборудования для убоя и разделки КРС, производящихся в европейских странах и СНГ. Результаты настоящей работы являются основанием для разработки

технологической линии и рабочей документации для серийного производства технологического оборудования, входящего в состав линии.

#### **Список цитированных источников**

1. Ивашов, В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности: учеб. / В.И. Ивашов. – СПб.: ГИОРД, 2010. – 736 с.: ил.
2. Ляшук Н.У. Система машин для мясожирового производства. Классификация технологических линий убоя и разделки скота / Н.У.Ляшук, Р.А.Титовец // Новые технологии и материалы, автоматизация производства: Н72: материалы Междунар. научн.-техн. конф., Брест, 2 –3 ноября 2016 г. – Брест: БрГТУ, 2016. – 236 с.
3. Мясожировое производство: убой животных, обработка туш и побочного сырья / Под ред. А.Б. Лисицына – М.: ВНИИ мясной промышленности, 2007.
4. Оборудование для мясной и птицеперерабатывающей промышленности. Отраслевой каталог / ЦНИИТЭИлегпищемаш. – Москва – 1986.

УДК 678.027.3

*Лазарук А.А., Антипорович А.В*

*Научные руководители: Сазонов М.И., Черноиван Н.В.*

### **ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ**

Цель работы состоит в изучении механизма разрушения детали для переработки древесины и разработке соответствующих методов увеличения надежности и долговечности детали.

**Введение.** В результате обследования после продолжительной работы установки для измельчения древесины установлено, что основные ее элементы – ножи подвергаются сильному износу, механическим усилиям. Установлено, что ресурс непрерывной работы лимитируется сроком службы ножей, который составляет не более 2 месяцев, после чего производится ремонт установки. Для повышения продолжительности ресурса эксплуатации и сокращения времени простоя установки используются различные методы [1...3]. Проведенные эксперименты позволяют выделить из этих способов поверхностное упрочнение деталей при помощи высокоинтенсивных источников нагрева, применение которых позволяет реализовать процесс упрочнения деталей лишь на незначительную глубину.

**Изучение работоспособности установки.** Обследование установки после длительной работы позволило установить, что основной причиной, определяющей ресурс ее непрерывной работы, является износ вращающихся с большой скоростью ножей. Эта деталь имеет пирамидальную форму с размерами основания 40x78 мм и высотой 30 мм, изготовленную из нержавеющей стали 20X14H2. Выбранная сталь является высоколегированной хромистой сталью. В системе Fe-Cr-C сталь 20X14H2 относится к полуферритному классу.

Внешний вид детали приведен на рисунке 1. В процессе изготовления нож подвергался предварительной объемной закалке до величины твердости 42...48 HRC.

Визуальные обследования показали ряд типичных дефектов – поверхностная коррозия металла, затупление, растрескивание и выламывание режущей кромки, разрушение полотна ножа, отламывание кусков в периферийной зоне.

При изучении характера износа отработавших свой ресурс ножей замечены характерные дефекты, которые также позволяют сделать выводы о характере и уровне действующих нагрузок.



*Рисунок 1 – Внешний вид детали*

**Методика проведения исследований, их результаты и обсуждение.** Как отмечено выше, объемная термозакалка не обеспечивает требуемой прочности ножа. Для повышения износостойкости в процессе трения и увеличению сопротивляемости пластическому и хрупкому разрушению в данной работе предлагается применить поверхностную термообработку детали (ПУ), как наиболее полно обеспечивающую оптимальное сочетание величины вязкости сердцевины детали с высокой поверхностной твердостью. Такое упрочнение реализуется путем локальной закалки при помощи быстро перемещающегося высокоинтенсивного высококонцентрированного источника тепла, а именно плазменной дуги, генерируемой плазмотроном постоянного тока мощностью 1,0...1,4 кВт.

Такое упрочнение деталей характеризуется рядом преимуществ:

- достаточно малой глубиной закалки (всего лишь в местах износа);
- при ПУ твердость поверхностного слоя заметно выше, чем при объемной закалке;
- отсутствие термических деформаций изготавливаемой детали благодаря локальности и кратковременности взаимодействия плазмы с поверхностью металла.

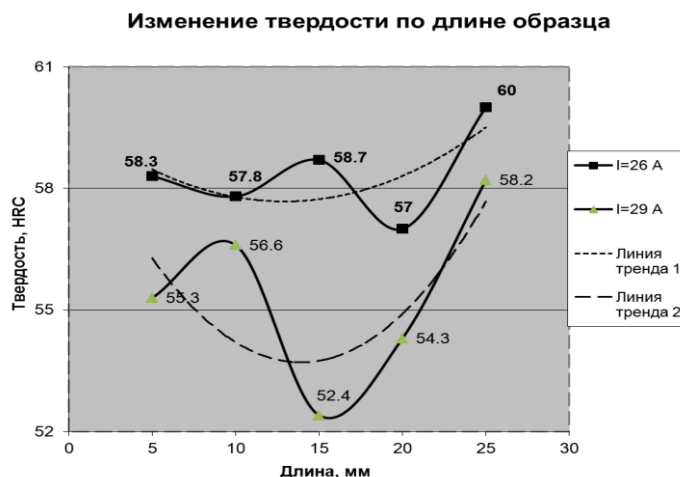
Установка состоит из плазмотрона постоянного тока, силового источника питания дуги, высокочастотного устройства поджига дуги, системы газоснабжения плазмотрона аргоном и азотом и системы водоохлаждения плазмотрона. Для перемещения плазмотрона с заданной скоростью создано специальное механическое устройство, реализующее движение ножа относительно плазмотрона. Силовой источник обеспечивает горение дуги при напряжениях 14...35 В и токах 6...32 А.

Плазменная закалка производилась с использованием в качестве плазмообразующего газа аргона, причем в плазмотроне применено обжимающее дугу сопло с диаметром отверстия, равным 1,2 мм. Скорость перемещения плазмотрона варьировалась от 4 до 27 мм/с.

Микростроение материала определялось при помощи оптического металлографического прибора типа НЕОРНОТ-21 при увеличении закаленного участка в диапазоне 50...1600 раз.

Процесс ПУ осуществлялся на экспериментальных образцах по описанным выше методикам. Термообработка плазменной струей выполнялась, изменяя ступенчато ток дуги плазмотрона.

Исследованы микротвердость поверхностного слоя в зависимости от расхода аргона, тока дуги, скорости перемещения плазмотрона. Определены зависимости микротвердости стали от скорости движения плазменной дуги по глубине поверхностного слоя. Типичные зависимости микротвердости вдоль дорожки при различных скоростях движения плазмотрона представлены на рисунке 2.



**Рисунок 2** – Характер распределения микротвердости упрочненного слоя вдоль дорожки при различных скоростях движения дуги

Как показали исследования, значительное влияние на формирование структуры материала поверхностного слоя и микроструктуру оказывает также среда, в которой горит дуга. В стали, обработанной плазменной струей в защитной среде аргона (однократная обработка), не наблюдается значительных качественных изменений в структуре материала при различных параметрах процесса.

Анализируя результаты рентгеноструктурных исследований, установлено, что при воздействии плазменной струи в защитной среде азота в фазовом составе стали образуются карбиды и нитриды железа – гексагональная фаза типа  $\epsilon$ , что объясняется диффузионным насыщением азотом и углеродом исходного материала и происходящими химическими процессами.

Экспериментально подтверждена возможность закалки при наложении соседних дорожек друг на друга с расстояниями между их осями, равными 0,4 мм.

**Заключение.** Проведено обследование работоспособности установки для переработки древесины. Установлено, что ресурс непрерывной работы установки лимитируется сроком эксплуатации ножей, который не превышал 2 месяца.

В процессе эксплуатации происходит поверхностная коррозия металла, затупление, растрескивание и выламывание режущей кромки. Исследования показали, что такой характер износа ножей связан с их объемной термозакалкой.

Предложено для упрочнения применять плазменную поверхностную закалку при помощи сжатой движущейся плазменной дуги, генерируемой плазмотроном постоянного тока.

Проведены исследования структуры поверхностного закаленного слоя, его фазовый состав, микротвердость поверхностного слоя ножа в зависимости от параметров плазменной дуги: тока дуги, скорости перемещения плазмотрона, величины расходов плазмообразующего и защитного газов (аргона и азота).

В результате проведенных экспериментов экспериментально определены оптимальные параметры плазменного упрочнения.

#### Список цитированных источников

1. Спиридонов, Н.В. Плазменные и лазерные методы упрочнения деталей машин / Н.В. Спиридонов, О.С. Кобяков, И.Л. Куприянов. – Минск: Вышэйшая школа. – 1988. – 158 с.
2. Рыкалин, Н.Н. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов. Справочник / Н.Н. Рыкалин, А.Л. Углов, И.В. Зуев, А.Н. Кокора – М.: Машиностроение, 1985. – 485 с.
3. Кундас, С.П. Компьютерное моделирование процессов термической обработки сталей: монография – Минск: Бестпринт, 2005. – 313 с.

УДК 621.9.06

*Мелещук Д.В.*

*Научный руководитель: к. т. н., доцент Медведев О.А.*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧАСТКА МЕХОБРАБОТКИ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Многономенклатурные автоматизированные производственные участки являются эффективным средством повышения производительности труда в условиях мелкосерийного и среднесерийного производства. При большом разнообразии номенклатуры деталей, обрабатываемых на каждом автоматизированном участке, интервалы времени обработки деталей на многоцелевых станках и интервалы времени транспортирования деталей с помощью автоматизированной транспортно-складской системы характеризуются большим рассеянием значений. В этих условиях оценка эффективности работы элементов многономенклатурного автоматизированного участка путем построения циклограмм, характерных для оценки работы автоматических линий, с учетом средних значений указанных интервалов приводит к завышенным результатам. При этом не учитываются потери, связанные с возможностью одновременного простоя нескольких станков в ожидании загрузки новыми заготовками, а также простои, возникающие из-за неравномерного поступления заготовок. Поэтому возникает потребность в других способах моделирования взаимосвязанной работы элементов многономенклатурного автоматизированного участка на стадии их проектирования, которые будут учитывать стохастический характер времени работы отдельных элементов. В данной работе рассмотрены возможности использования методов имитационного моделирования для оценки эффективности работы многономенклатурного производственного участка.

Основная концепция имитационного моделирования системы в этом случае состоит в отображении изменений ее состояния с течением времени. При этом определяющим является выделение и однозначное описание состояний моделируемой системы.

Имитационные модели позволяют без использования каких-либо аналитических или других функциональных зависимостей отображать сложные объекты, состоящие из разнородных элементов, между которыми существуют разнообразные связи. На стадии проектирования многономенклатурного автоматизированного участка, когда нет точных сведений о распределении интервалов времени, можно провести моделирование с различными законами распределения.

Для моделирования работы многономенклатурного автоматизированного участка необходимо: разработать структуру имитационной модели многономенклатурного автоматизированного участка; разработать программу с заложенной структурой имитационной модели, которая позволит определять коэффициент загрузки многоцелевых станков и транспортных средств по времени, требуемое количество приспособлений-спутников, циркулирующих на многономенклатурном автоматизированном участке; на конкретном примере апробировать применение разработанной модели.

Для моделирования необходимо знать структуру многономенклатурного автоматизированного участка и порядок работы его оборудования. В большинстве случаев основное оборудование на многономенклатурном автоматизированном участке расположено в линию вдоль трассы транспортного робота, который за-

хватывает приспособления-спутники с заготовками с промежуточной позиции центрального накопителя со штабелером.

Штабелер принимает спутники, с установленными вручную заготовками, от участка подготовки спутников. Определение количества различных видов оборудования осуществляется на основе нормированных технологических процессов, разработанных для каждого наименования детали.

Для описания работы автоматизированного участка предложена следующая имитационная модель.

Первоначально выбирается закон распределения времени подготовки приспособлений-спутников  $t_n$  (установка заготовок на спутниках и размещения их в центральном накопителе), времени транспортирования спутников транспортным роботом  $t_{tr}$ , времени обработки спутников на многоцелевых станках с ЧПУ  $t_{маш}$  и вводятся необходимые параметры для генерации случайных значений  $t_n$  с помощью генератора псевдослучайных чисел. Затем вводятся значения приращения времени работы участка  $\Delta t$  и длительность моделирования работы участка  $T_{макс}$ .

Далее определяется, занят ли участок подготовки спутников в текущий момент времени. Если подготовка спутника не осуществляется ( $t_{ync} = 0$ ), то происходит генерация псевдослучайной величины  $t_n$  по выбранному закону распределения и запускается счетчик времени работы участка подготовки спутников  $t_{ync}$ . Если в момент  $t_{ync}$  уже шла подготовка спутника ( $t_{ync} > 0$ ), то счетчик времени работы участка подготовки спутников производит его приращение на  $\Delta t$ . Если  $t_{ync} \geq t_n$  то происходит обнуление счетчика времени  $t_{ync}$  и производится приращение числа спутников, находящихся в центральном накопителе на 1. Если подготовка спутника в этот момент не завершена ( $t_{ync} < t_n$ ), то осуществляется анализ состояния транспортной системы. В том случае, если счетчик времени работы транспортного средства  $t_{mp.мек.}$  равен нулю и в центральном накопителе  $Z_n$  имеются подготовленные спутники ( $Z_n > 0$ ), формируется случайное значение времени  $t_{mp}$  на основе выбранного ранее закона распределения. Если в данный момент уже осуществлялось транспортирование ( $t_{mp.мек.} > 0$ ), то счетчик времени транспортирования производит приращение текущего времени транспортирования на  $\Delta t$ . Если транспортная система свободна ( $t_{mp.мек.} = 0$ ), но в центральном накопителе нет готовых спутников ( $Z_n = 0$ ), то счетчик времени работы транспортного средства  $t_{tr}$  не запускается и осуществляется переход к рассмотрению состояния промежуточных накопителей. Производится выбор накопителя, в котором заполнено минимальное число позиций. Если все накопители имеют в данный момент одинаковое заполнение, то выбирается накопитель с меньшим номером. Определяется, есть ли свободные позиции в выбранном накопителе. Если в накопитель может быть помещен еще один спутник ( $Z_{imin} \leq N$ , где  $N$  — емкость накопителя), то число спутников в центральном накопителе уменьшается на единицу и запускается счетчик времени транспортирования  $t_{tr}$ . Если данный накопитель полностью занят ( $Z_{imin} > N$ ), то осуществляется переход к рассмотрению состояния промежуточных накопителей.

Далее определяется, закончено ли транспортирование, и в этом случае ( $t_{mp.мек.} \geq t_{mp}$ ) счетчик числа спутников в накопителе  $Z$  производит приращение этого числа на 1 и обнуляется счетчик транспортирования  $t_{mp.мек.}$  Если транспортирование не окончено ( $t_{mp.мек.} < t_{mp}$ ), осуществляется переход к анализу состояния промежуточных накопителей.

Затем определяется наличие спутников в  $i$ -ом накопителе, и если он не пуст, то проверяется, свободен ли в данный момент станок. Если станок не занят об-

работкой ( $t_{\text{маш. тек}} = 0$ ), происходит формирование случайного значения  $t_{\text{маш}}$  и приращение счетчика текущего машинного времени  $t_{\text{маш}}$ . Если станок в данный момент уже работает ( $t_{\text{маш. тек}} > 0$ ), формирования  $t_{\text{маш}}$  не происходит.

Определяется окончание обработки спутника ( $t_{\text{маш. тек}} \geq t_{\text{маш}}$ ) и если оно произошло, обнуляют счетчик  $t_{\text{маш. тек}}$ . И уменьшают число спутников в  $i$ -ом накопителе на 1. Организуется анализ состояний всех накопителей и станков. Контролируется величина текущего времени работы участка и организуется приращение времени работы. Если текущее время работы участка многономенклатурного автоматизированного участка  $T$  станет равным  $T_{\text{макс}}$ , то дальнейшего приращения текущего времени не происходит. При  $T = T_{\text{макс}}$  осуществляется расчет коэффициента использования накопителей как частное от деления суммарного времени работы станков на произведение числа станков и  $T_{\text{макс}}$ .

$$K_i = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n \cdot T_{\text{макс}}}$$

где  $n$  – количество станков;  $T_i$  – время работы  $i$ -го станка,  $T_{\text{макс}}$  – максимальное время работы участка.

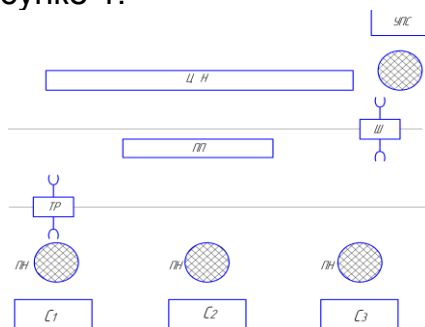
Средний коэффициент загрузки пристаночных накопителей в ГПС по времени можно определить как отношение среднего числа пристаночных накопителей, имеющих в стационарном режиме не менее одного спутника, к числу промежуточных накопителей (станков)

$$K_H = \frac{S_{\text{ср}}}{S} \quad (2)$$

где  $S_{\text{ср}}$  – среднее число пристаночных накопителей, имеющих не менее одного спутника;  $S$  – число промежуточных накопителей, равное числу станков.

В качестве программы для реализации описанной имитационной модели выбран табличный редактор Microsoft Excel, который позволяет использовать полученные данные для дальнейших расчетов показателей эффективности участка и для графического представления данных. В самой программе предусматриваем форму для упрощенного ввода данных для имитационной модели, таких как выбор закона распределения для каждого времени  $t_{\text{п}}$ ,  $t_{\text{пр}}$ ,  $t_{\text{маш}}$ , а также ввод параметров, необходимых для генерации случайных величин по этому закону. Так же на форме присутствуют текстовые поля для ввода количества станков, вместимости их накопителей, а также для ввода значения приращения времени  $\Delta t$ . Кроме того предусматриваем возможность ввода среднего значения параметров времени вместо генерации случайного числа по законам распределения для того, чтобы была возможность сравнить полученные значения и в случае, когда закон распределения неизвестен.

Рассмотрим пример моделирования многономенклатурного участка со структурой, представленной на рисунке 1.

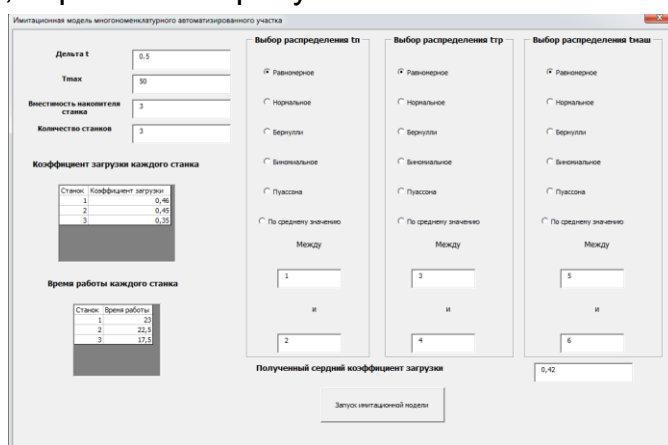


**Рисунок 1** – Структура многономенклатурного автоматизированного участка мехобработки

В этот участок входят:  $C_1, C_2, C_3$  – многооперационные станки с ЧПУ; ПН – промежуточные (пристаночные) накопители; ЦН – центральный стеллаж

накопитель; Ш – штабелёр; УПС – участок подготовки спутников; ТР – транспортный робот; ПП – промежуточная позиция хранения спутников. Перед каждым станком участка располагается промежуточный накопитель, предназначенный для обеспечения возможности автономной работы станка в течение некоторого времени и сглаживания неравномерности поступления спутников на обработку. Емкость промежуточного накопителя по рекомендациям [3] предварительно принималось равной 3 спутникам. Число спутников, циркулирующих между станком и участком их подготовки, предварительно принималось равным суммарной ёмкости промежуточных накопителей (9 штук).

При моделировании общее время работы участка было выбрано равным 50 мин. Был выбран равномерный закон распределения случайных величин времени  $t_n$  в промежутке от 1 до 2 мин.,  $t_{tr}$  в промежутке от 3 до 4 мин.,  $t_{маш}$  в промежутке от 5 до 6 мин. Окно программы, показывающее исходные данные и результаты имитации, отражено на рисунке 2.



**Рисунок 2** – Окно созданной программы «Имитационная модель многономенклатурного автоматизированного участка»

Значение среднего коэффициента загрузки станков 0,42 значительно меньше нормативного, что свидетельствует о необходимости увеличения интенсивности подготовки и транспортирования приспособлений-спутников за счет увеличения числа рабочих на участке подготовки спутников и применения модели транспортного робота с большей скоростью транспортирования.

Разработанная методика моделирования многономенклатурного автоматизированного участка позволяет оценить эффективность работы участка на стадии его проектирования и принять обоснованные решения по количественному составу элементов многономенклатурного автоматизированного участка и по требуемой интенсивности вспомогательных операций (подготовки спутников и их транспортирования). Методика может быть полезна инженерам машиностроительных заводов, занимающимся проектированием многономенклатурных автоматизированных участков.

#### Список цитированных источников

1. Вентцель, Е.С. Исследование операций – М.: Советское радио, 1972.
2. Новиков, О.А. Прикладные вопросы теории массового обслуживания / О.А. Новиков, С.М. Петухов. – М.: Советское радио, 1969.
3. Гибкие производственные комплексы/ Под. ред. П.И. Белянина. – М.: Машиностроение, 1984.
4. Имитационное моделирование производственных систем / Под ред. А.А. Вавилова. – М.: Машиностроение, 1983.



## КЛАССИФИКАЦИЯ ЦЕНТРИФУГ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СУБПРОДУКТОВ ПО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Сегодня в странах СНГ создаются новые животноводческие предприятия, при которых строятся мясожировые производства различной мощности — от 16 голов свиней до 400 в час и от 5 голов крупного рогатого скота (далее — КРС) до 100 голов в час, которым необходимы центрифуги (далее — цтф) для обработки субпродуктов (далее — с/п) различных типоразмеров, с различной степенью механизации и автоматизации вспомогательных операций. Однако в настоящее время отсутствует классификация цтф по производительности, что затрудняет ориентировку разработчиков и изготовителей при планировании выпуска цтф необходимой для мясожировых предприятий производительности.

**Цель исследования** — разработать классификацию цтф для обработки субпродуктов, необходимых для оснащения мясожировых производств в Республике Беларусь и странах СНГ, по производительности и определить таким образом основной показатель цтф, подлежащих разработке.

Основанием для написания настоящей статьи являются результаты выполненных научно-исследовательских работ [1, 2].

В связи с тем, что обработка с/п в странах СНГ производится на мясожировых предприятиях, производительность цтф должна обеспечивать обработку вырабатываемого объема с/п на конкретном предприятии. В соответствии с работой [1] технологические линии убоя и разделки свиней по производительности классифицируются согласно данным, приведенным в таблице 1, а технологические линии убоя и разделки КРС — согласно данным, приведенным в таблице 2. При этом технологические линии условно разделяются на следующие категории: малой, средней и большой производительности.

**Таблица 1** – Классификация технологических линий убоя и разделки свиней по производительности.

№ п/п	Производительность линии, голов в час	Категория линии по производительности	Категория мясожирового предприятия по мощности
1	До 16	Малой	Малой
2	До 25	Малой	Малой
3	До 40	Малой	Малой
4	До 60	Средней	Средней
5	До 120	Средней	Средней
6	До 180	Большой	Большой
7	До 250	Большой	Большой
8	Свыше 250	Большой	Большой

Кроме того, существуют малые мясожировые производства, в которых производится убой свиней и КРС в одну смену, они показаны в таблице 3. При этом, как правило, технологические линии в чистой зоне совмещены. Эти предприятия также относятся к категории малой мощности.

**Таблица 2** – Классификация технологических линий убоя и разделки КРС по производительности.

№ п/п	Производительность линии, голов в час	Категория линии по производительности	Категория мясожирового предприятия по мощности
1	До 5	Малой	Малой
2	До 10	Малой	Малой
3	До 25	Средней	Средней
4	До 50	Средней	Средней
5	До 80	Большой	Большой
6	Свыше 80	Большой	Большой

**Таблица 3** – Совмещенные линии в чистой зоне

№ п/п	Производительность линии, голов в час
1	16 свиней + 5 КРС
2	25 свиней + 5 КРС
3	25 свиней + 10 КРС
4	40 свиней + 10 КРС

Для каждой категории мясожировых предприятий применяется своя методика классификации цтф по производительности.

В странах СНГ за основной показатель цтф принята «емкость единовременной загрузки барабана сырьем в кг». Учитывая то, что коэффициент загрузки барабана различных видов с/п разный (табл. 4), считаем, что указанный показатель «единовременная загрузка барабана сырьем в кг» относится к шерстным (далее — Ш.) с/п.

Общие исходные данные для расчетов приведены в таблице 4.

**Таблица 4** – Общие исходные данные для расчетов

Наименование данных	Ш. с/п	С. с/п	Примечание
Коэффициент загрузки барабана, ф	0,62	0,15	Источник [3]
Насыпная плотность, ρ, кг/м <sup>3</sup>	600	450	Источник [3]
Время цикла обработки (в т. ч. загрузки сырья и выгрузки продукта), Т, мин.	15	15	
Общее время смены, час	8	8	
Живой вес свиней, кг	110	110	
Выход мяса на кости свиней, %	66,6	66,6	Источник [4]
Живой вес КРС, кг	650	650	
Выход мяса на кости КРС, %	45,3	45,3	Источник [4]

Для каждой группы предприятий (малой, средней и большой мощности) и для каждого вида скота производим сырьевой расчет по форме, указанной в таблице 5.

Сырьевой расчет производим на основании данных, указанных в справочнике [4].

Для каждой категории предприятий (малой, средней и большой мощности) разработана своя методика определения классификации по производительности, на основании которой затем произведены соответствующие расчеты для определения классификации и даны рекомендации применения их для мясожировых предприятий различной мощности.

**Таблица 5** – Форма сырьевого расчета

№ п/п	Наименование с/п	Норма выхода к массе мяса на кости, %	Мощность мясожирового производства, гол/час гол/смену		
			Количество с/п в смену, кг		
1	Слизистые				
2	Шерстные				

На предприятиях малой мощности из экономических соображений применяется минимальное количество универсального технологического оборудования простой конструкции с ручным управлением. Так как для предприятий малых мощностей выпускают цтф уже сложившегося типоразмера единовременной загрузки сырья 25 кг и 50 кг, то методика классификации цтф сводится к выбору цтф определенного типоразмера и к расчету их количества. На этих предприятиях Ш. с/п при загрузке не разделяются на виды (ноги, уши, мясокостный хвост), а загружаются одновременно, как и С с/п.

На предприятиях средней мощности для обработки с/п применяются цтф специальной конструкции, которые работают в составе технологических линий, обрабатывающих конкретные виды с/п Ш. или С.

На предприятиях большой мощности применяются цтф специализированной конструкции, которые работают в составе технологических линий, обрабатывающих с/п конкретного наименования. Например, технологическая линия обработки свиных ног или линия обработки ушей.

В результате выполнения работы определено, что для мясожировых производств малой мощности рекомендуется применение универсальных цтф единовременной загрузки барабана сырьем 25 кг и 50 кг, с помощью которых возможна обработка субпродуктов различных видов. Для оснащения мясожировых предприятий средней и большой мощности необходимо разрабатывать цтф следующих типоразмеров: 75кг, 100 кг, 150 кг, 200 кг и 250 кг. При этом технологические линии могут комплектоваться для выполнения различных операций цтф разных типоразмеров. Например, в технологической линия обработки Ш. с/п мясожирового предприятия мощностью убоя и разделки свиней до 120 голов в час можно применить цтф единовременной загрузки барабана сырьем 75 кг для выполнения операции шпарки и обезволашивания, которая длится до 15 минут. А для операции очистки от сгоревшей щетины, которая длится до трех минут, достаточно применить цтф емкостью 25 кг. Эффективность очевидна.

#### **Список цитированных источников**

1. Ляшук, Н.У. Система машин для мясожирового производства. Классификация технологических линий убоя и разделки скота / Н.У. Ляшук, Р.А. Титовец // Новые технологии и материалы, автоматизация производства: Н72: материалы Междунар. научн.-техн. конф., Брест, 2–3 ноября 2016 г. – Брест: БрГТУ, 2016. – 236 с.

2. Ляшук, Н.У. Совершенствование техники и технологии обработки субпродуктов / Н.У. Ляшук, Р.А. Титовец // Новые технологии и материалы, автоматизация производства: Н72: материалы Междунар. научн.-техн. конф., Брест, 2–3 ноября 2016 г. – Брест: БрГТУ, 2016 – 236 с.

3. Ивашов В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности: учеб. / В.И. Ивашов. – СПб.: ГИОРД, 2010. – 736 с.: ил.

4. Справочник нормативных показателей по выходу продукции, расходу сырья и материалов, действующий в мясной промышленности / Разработан ВНИКИМП им. В.М. Горбатова. – Москва, 1997. – 302 с.

УДК 621.928:637.5

*Носиченко А.Н., Бухтияров Е.Б., Титовец Р.А.*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Ляшук Н.У.*

## **РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ ЦЕНТРИФУГИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СУБПРОДУКТОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ МЯСОЖИРОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ**

**Введение.** Группой студентов машиностроительного факультета, обучающихся по специальности «машины и аппараты пищевых производств», под руководством старшего преподавателя Ляшука Н.У. получен патент № 11255 на полезную модель «Универсальная центрифуга (далее цтф) для обработки субпродуктов различных видов» [1]. Этой темой заинтересовались машиностроительные предприятия г. Бреста. Планируется подача заявки на областной конкурс инновационных работ по данной теме.

Кроме того, во время пребывания группы студентов в октябре 2016 г. на международной выставке «Агропродмаш – 2016», которая проходила в Москве, были проведены переговоры с российскими компаниями, занимающимися продажей мясоперерабатывающего оборудования, о сотрудничестве. Семь компаний проявили заинтересованность в сотрудничестве по реализации универсальных цтф на российском рынке и рынке СНГ.

Одним из основных этапов разработки и постановки машиностроительной продукции на серийное производство является разработка технического проекта.

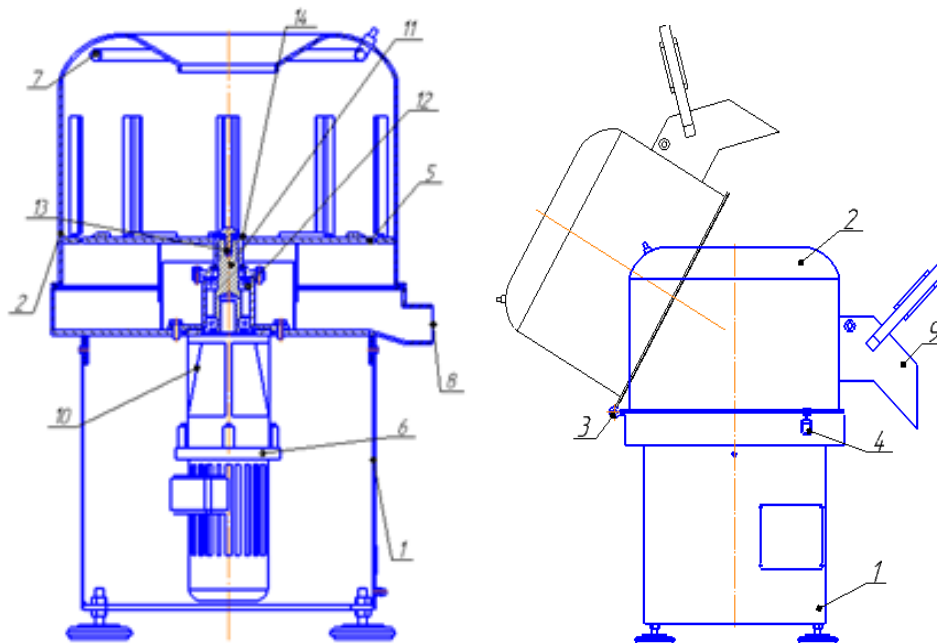
Настоящими авторами под руководством старшего преподавателя Ляшука Н.У. разработан технический проект универсальных цтф для обработки субпродуктов (далее — с/п) единовременной загрузки барабана сырьем 25 кг и 50 кг. Эти цтф предназначены для обработки с/п различных видов на мясожировых предприятиях малой мощности.

Универсальная цтф (рис. 1) состоит из станины 1, барабана 2, установленного на станине 1 с помощью шарнира 3 и прикрепленного к станине 1 прижимами 4, вращающегося в горизонтальной плоскости сменного ротора 5 и привода 6. Барабан 2 после освобождения прижимов 4 откидывается относительно шарнира 3 для обеспечения удобного доступа смены роторов 5 и для удобства выполнения санитарной обработки. В верхней части барабана 2 прикреплен трубопровод 7 для подачи обрабатываемой воды и выполнено загрузочное отверстие. В станине 1 выполнен сток 8 для отвода отработанной воды и шлама, а также окно для выгрузки готового продукта, которое закрывается заслонкой 9. Привод 6 состоит из мотор-редуктора 10 и приводного вала 11, установленного в подшипниках. Привод 6 закреплен к станине 1 соосно с барабаном 2. Сменный ротор 5 устанавливается на профильный конец приводного вала 11 и крепится одним болтом 12 и шайбой 13. Для каждого вида с/п в этих цтф применяется комплект сменных роторов 5 различных конструкций, в которых выполнено посадочное отверстие, профиль его соответствует профилю выходного конца приводного вала 11.

Привод 6 — регулируемый, для обеспечения требуемой частоты вращения сменного ротора 5 для обработки каждого вида с/п.

Подготовка цтф к работе. Освобождаем барабан 2 от крепления со станиной 1 открытием прижимов 4. Откидываем барабан 2 относительно шарнира 3, обеспечивая при этом удобный доступ к сменному ротору 5. Отвинчиваем болт 13 и устанавливаем на профильный конец приводного вала 11 ротор 5, конст-

рукция которого соответствует для обработки заданного вида с/п. Барабан 2 устанавливаем в исходное положение и крепим к станине 1 прижимами 4. Загружаем в барабан 2 определенный объем с/п, подлежащих обработке. Устанавливаем на пульте управления необходимые обороты ротора, время обработки и температуру подаваемой воды. Цтф готова к работе.



**Рисунок 1 – Универсальная центрифуга**

Основными элементами цтф является конструкция ротора и барабана.

Ротор, вращаясь под воздействием трения на подвижные и неподвижные части, как гладкие, так и перфорированные или с ребрами, производит обработку с/п. Вращающаяся скорость продукта ниже, чем вращающаяся скорость ротора, поскольку движение продукта замедляется барабаном при коэффициенте трения, который варьируется согласно конструкции барабана и ротора.

Возникают три основных явления:

- явление дифференциальной скорости между ротором и продуктом;
- центробежная сила, действующая на вращение продукта, которая притягивает продукт к стенкам барабана, тем самым создавая новую дифференциальную скорость трения продукта/барабана;
- движение продукта, которое является тороидальным.

Фактически, продукт внизу машины движется с большей скоростью, чем продукт наверху и поэтому подвергается большей силе.

В основном продукт внизу больше центрифугируется, чем продукт наверху, и поскольку давление на него больше, этот продукт движется вверх и, тем самым, заменяет продукт, который до этого был наверху: по очереди на продукт действует центростремительная сила и возвращает его к центру машины. Это тороидальное движение усиливается, если на роторе имеются какие-либо выступы. Фактически, выступы, находящиеся на внешнем краю ротора, поднимают продукт на каждом обороте. Пространство, которое освобождается от продукта, тут же занимает следующий продукт, попадающим из центра машины. Таким образом, циркуляционное движение осуществляется по кругу, перпендикулярному к направлению общего движения:

— трение, вызванное лучевыми планками, выступами, абразивами или отверстиями (отверстия производят зачистку);

— скобление производится каждой точкой с небольшой площадью поверхности (тем самым увеличивая давление для такой же рабочей силы).

Цтф оснащены регулируемым приводом, устройством автоматической подачи орошаемой воды с регулируемой температурой, пультом программного управления.

Основные технические характеристики разработанных цтф указаны в таблице.

**Таблица 1** – Основные характеристики разработанных цтф

№ п/п	Наименование параметра	Емкость барабана 25 кг	Емкость барабана 50 кг
1	Производительность, кг/час, не менее	100	200
2	Установленная мощность, Квт, не более	2,2	4
3	Габаритные размеры, мм, не более: -длина -ширина -высота	750 650 1200	1100 1000 1300
4	Масса, кг, не более	250	350

Благодаря наличию сменных роторов различной конструкции для обработки с/п разных видов, имеющих профильное посадочное отверстие, приводу, содержащему приводной вал, свободный конец которого выполнен также профильным, соответственно профилю посадочного отверстия сменных роторов, а также возможности устанавливать сменные роторы на приводной вал с возможностью крепления к нему одним болтом и шайбой, обеспечивается универсальность цтф при обработке с/п разных видов.

**Заключение.** Предлагаемая универсальная цтф позволит мясожировым предприятиям малой мощности обрабатывать все виды с/п, что обеспечит экономический эффект.

Одна цтф единовременной загрузки барабана 25 кг заменит в мясожировом цеху небольшой мощности при обработке с/п различных видов 2–3 существующих. Кроме того уменьшается число вспомогательных ручных операций, упрощается выполнение санитарной обработки цтф, улучшается качество обработанной продукции за счет обеспечения оптимальных режимов обработки для каждого вида с/п, а также высвобождается занимаемая технологическим оборудованием производственная площадь.

Одна цтф единовременной загрузки барабана 50 кг заменит на предприятии мощностью до 40 свиней в час или до 10 КРС в час 4–6 цтф, обрабатывающие шерстные и слизистые с/п, и моечный барабан, который обрабатывает мякотные с/п.

#### **Список цитированных источников**

1. Универсальная центрифуга для обработки субпродуктов различных видов: патент № 11255 на полезную модель (МПК В04В5/12) 2016.12.30.

## **АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ВХОДЯЩЕГО В СОСТАВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ УБОЯ СВИНЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 16 ГОЛОВ В ЧАС И КРС МОЩНОСТЬЮ 5 ГОЛОВ В ЧАС. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 16 ГОЛОВ В ЧАС И КРС ДО 5 ГОЛОВ В ЧАС (СОВМЕЩЕННЫЕ ЛИНИИ) ЯВЛЯЕТСЯ ЧАСТЬЮ ТЕМЫ НИР «СИСТЕМА МАШИН МЯСОЖИРОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ». ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОЕКТА № 20164697 ОТ 29.12.2016.**

**Введение.** Анализ отечественного и зарубежного оборудования производится в качестве предварительной работы по обоснованию подбора технологического оборудования для включения в состав разрабатываемой технологической линии убоя и разделки свиней производительностью до 16 голов в час и КРС мощностью 5 голов в час. Проект мясокомбината мощностью линии убоя и разделки свиней до 16 голов/час и КРС до 5 голов/час (совмещенные линии) является частью темы НИР «Система машин мясожировых производств». Государственная регистрация проекта № 20164697 от 29.12.2016.

Технологическая линия убоя и разделки свиней производительностью до 16 голов в час и КРС 5 голов в час востребована в нашей стране, так как существует необходимость в мясожировых и мясоперерабатывающих производствах, не обладающих большой мощностью убоя скота. Этой темой заинтересовались предприятия некоторых районных центров Брестской области.

Цель — организация серийного производства технологической линии на машиностроительном предприятии Республики Беларусь. Задачей является разработка технического проекта технологической линии убоя свиней производительностью до 16 голов в час и КРС производительностью до 5 голов в час; определение технических характеристик технологической линии.

**Основная часть.** Особенности состава линии малой мощности и конструкции входящих в неё машин характеризуются экономическими соображениями, то есть оборудование должно быть простейшей конструкции, выполнение смежных операций желательно совмещать, минимум механизированных транспортных операций, применение напольного транспорта и т. д. Поэтому в «грязной» зоне линии раздельные, а в чистой — совмещены.

Перечень оборудования, применяемого в технологической линии убоя свиней производительностью до 16 голов в час и КРС производительностью до 5 голов в час:

- основное технологическое оборудование;
- подвесной путь и элементы подвесного пути;
- средства для межоперационного транспортирования;
- площадки для бойцов;
- инструменты;
- санитарно-гигиеническое оборудование.

Подвесной путь и его элементы не отличаются по конструкции от более производительных линий и обладают тем же составом приспособлений.

Площадки для бойцов, также для снижения энергозатрат производства, должны быть стационарными, а не подвижными.

Инструменты и другие приспособления для облегчения обработки сырья должны быть ручными, что значительно дешевле автоматизированных. Однако это не должно сказываться на качестве обработки туш.

Санитарно-гигиеническое оборудование представлено на каждом рабочем месте стерилизатором ручного и механизированного (лучковая пила для разрезания туш на полутуши и для разрезания грудной клетки дисковая пила) инструмента. Также предусмотрены кабины для мойки фартуков и рук.

Подробнее остановимся на основном технологическом оборудовании, которое представлено следующими устройствами и приспособлениями:

1. Прогоны для свиней.
2. Боксы для оглушения.
3. Устройства для подъема туш на подвесной путь.
4. Устройства для сбора пищевой крови.
5. Шкуротъемки.
6. Машины для мойки, сушки и полировки туш.
7. Шпарильные чаны.
8. Скребокмашины.
9. Машины для опалки туш свиней.

Наиболее важными из них являются бокс для оглушения, шкуротъемка и шпарчан, совмещенный в нашем случае для экономии места в производственном цеху со скребокмашиной.

Для оглушения КРС применяется бокс для оглушения саморазгружающийся, с ручным управлением, который представлен на рисунке 1.

Конструкция позволяет осуществлять механическую выгрузку туши, быстрое приведение бокса в исходное положение для следующего цикла обездвиживания, соскальзывание туши по наклонному полу при выгрузке, легкое и надежное открывание и закрывание входной калитки в бокс. Бокс прост в эксплуатации, надежен, не требует электроэнергии.

**Принцип действия.** Для входа животного в бокс боец открывает входную калитку, которая сдвигается в сторону бойца, а затем закрывает вход в бокс. При этом исключается самопроизвольное открывание калитки. После оглушения боец открывает захват боковой стенки и опрокидывающегося пола рукояткой фиксатора, при этом пол под весом животного наклоняется, боковая дверь поворачивается на 70–90 градусов и животное соскальзывает из бокса по наклонному пути.



**Рисунок 1** – Бокс для оглушения саморазгружающийся

**Технические характеристики:**

Внутренние размеры камеры, мм:  
2750×1000×2400.

Габаритные размеры, ширина без наклонной площадки-склиза, мм  
2900×1950×2400.

Количество обслуживающего персонала, человек: 1.

Пропускная способность, голов в час:  
30.

Занимаемая площадь, м<sup>2</sup>: 5,66.

Масса, кг: 450.

Длительность цикла (вход, оглушение, выгрузка, исходное положение), мин:  
1,5.



Шкуростьёмка обеспечивает быстрое удаление шкуры с туши. Устройство для снятия шкур К7-ФЦУ/1-7 производства Полтавского машиностроительного завода, (рисунок 2) предназначено для механической съёмки шкур с туш крупного рогатого скота. Реальная производительность устройства для снятия шкур зависит от предварительной подготовки туши к снятию шкуры, сноровки и опыта оператора и практически может составлять 60–70 туш в смену. Особенностью данной шкуростьёмки является её барабанный тип: шкура наматывается на вращающийся барабан и снимается с туши.

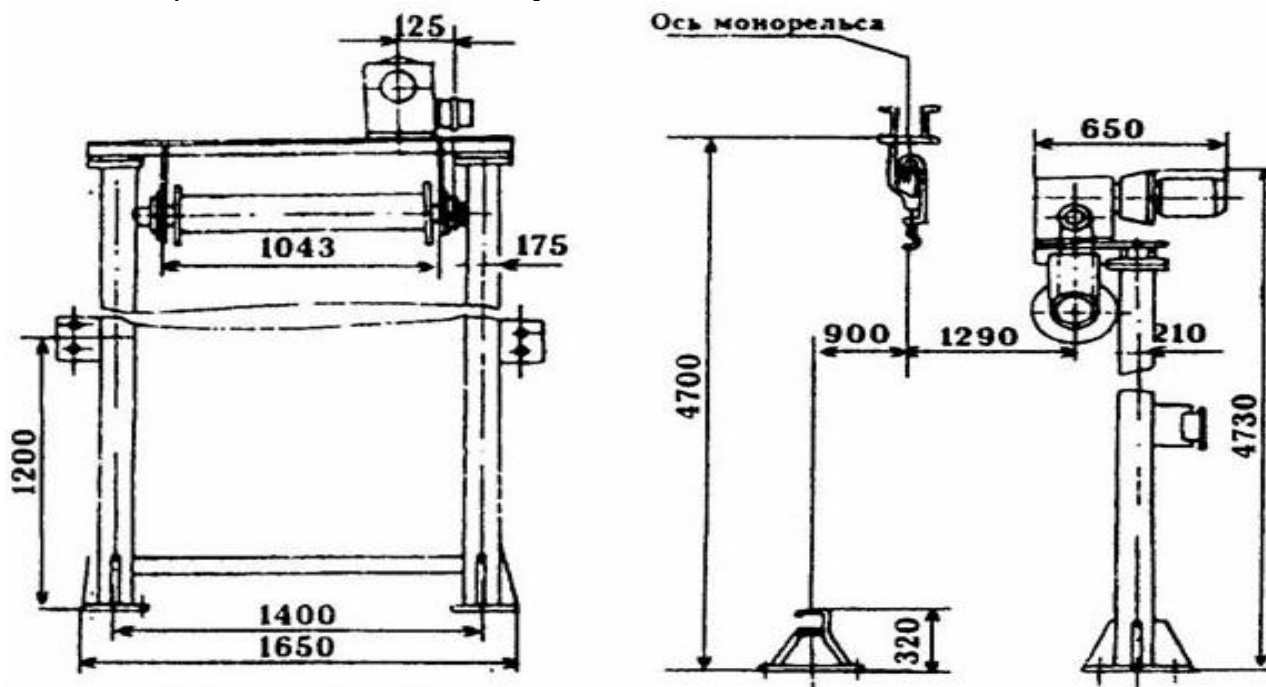


Рисунок 2 – Устройство для снятия шкур К7-ФЦУ/1-7

*Технические характеристики:*

Производительность в смену (не менее), шт.:

10 голов КРС.

Масса обрабатываемой туши, кг : 800.

Частота вращения барабана,  $\text{мин}^{-1}$  : 13.

Мощность электродвигателя, кВт : 1,5.

Габаритные размеры, мм : 1650x935x4730.

Масса, кг : 600.

Шпарчан, совмещённый со скребмашиной, (рисунок 3) играет очень важную роль в мясожировом производстве, так как именно от этого аппарата зависит качество получаемой свинины.

Немецкая компания Hubert HAAS GmbH широко известна в мире как производитель оборудования для убоя и первичной обработки свиней. В производстве машин фирмы HAAS используются комплектующие от лучших европейских заводов. Фирма HAAS производит оборудование как для небольших предприятий, так и для средних и крупных производств.

Комбинированные скребмашины имеют компактную конструкцию (оснащены встроенными колесами для легкого перемещения по помещению), на них можно подняться при помощи специального устройства или встроенного лифта, поэтому популярны как у небольших фермерских хозяйств, так и на крупных цехах по убою скота.

Нагрев воды в рабочей ванне производится при помощи нержавеющей нагревательных элементов, размещенных в изолированной масляной рубашке, или при помощи прямого впрыска пара низкого давления.

Скребмашина (шпарильный чан) оснащена дополнительным устройством для очистки труднодоступных мест головной части, что обеспечивает высокое качество очистки головы туши, а также дополнительными бильными лопастями на задней стенке машины, что обеспечивает более качественную очистку туши.

Выбрасывание туши из шпарчана производится рычагом с ручным (опционально пневматическим) приводом, рычаг поднимает нижний вал или заднюю решетку (в зависимости от модели шпарчана), при этом автоматически включаются рабочие валы, что значительно облегчает выбрасывание. Выбрасывание туши производится, например, на рабочий стол.



*Технические характеристики:*

Время рабочего цикла очистки:  
3–5 мин.

Максимальная производительность:  
от 12 до 18 свиней в час с  
максимальным весом туши: до 350 кг.  
Мощность нагревательных  
элементов — ТЭНов из нержавеющей  
стали: до 17,5 кВт.

Внутренняя длина шпарчана:  
2200 мм.

Мощность двигателя: 2,2 кВт.  
Количество воды для работы:  
до 210 литров.

Длина машины: 2350 мм.  
Ширина машины: 1000 мм.  
Вес машины: до 620 кг.

**Рисунок 3** – Шпарчан совмещенный со скребмашиной фирмы HAAS

Все машины могут изготавливаться как из нержавеющей стали, так и из оцинкованной.

Заключение. В ходе выполнения настоящей работы проанализированы современные модели оборудования, входящие в состав технологической линии убоя свиней производительностью до 16 голов в час и КРС производительностью до 5 голов в час, и выбраны наиболее подходящие к данной линии по стоимости, производительности и другим показателям. Результаты настоящей работы являются основанием для разработки технологического оборудования, входящего в состав линии.

**Список цитированных источников**

Ивашов, В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности: учеб. / В.И. Ивашов. – СПб.: ГИОРД, 2010. – 736 с.: ил.

УДК 637.513.2:664

*Королюк М.А., Пилипук С.О.*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Ляшук Н.У.*

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ УБОЯ СВИНЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 16 ГОЛОВ В ЧАС И КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 5 ГОЛОВ В ЧАС, СОВМЕЩЕННЫЕ В «ЧИСТОЙ» ЗОНЕ**

**Введение.** Разработка технического проекта технологической линии убоя и разделки свиней производительностью до 16 голов в час и крупного рогатого скота (далее – КРС) производительностью до 5 голов в час выполняется в соответствии с НИОК(Т)Р «Разработка системы машин для мясожировых производств» гос №20164697 от 29.12.2016 г., раздел «Разработка технологических линий убоя и разделки скота в соответствии с их классификацией».

Одним из основных этапов разработки и постановки машиностроительной продукции на серийное производство является разработка технического проекта.

Авторами настоящей работы под руководством старшего преподавателя Ляшука Н.У. разработан технический проект технологической линии убоя и разделки свиней производительностью до 16 голов в час и КРС производительностью до 5 голов в час. Линии в «грязной» зоне разъединены, а в «чистой» соединены. Кроме того, в соответствии с договором между БрГТУ и ОАО «Пружанский райагросервис» разработан проект технологической планировки мясожирового производства с переработкой мяса на основе настоящей линии.

**Цель и задачи исследования.** Цель — организация серийного производства технологической линии на машиностроительном предприятии Республики Беларусь. Задачей является разработка технического проекта технологической линии убоя и разделки свиней производительностью в 16 голов в час и КРС производительностью до 5 голов в час.

**Основная часть.** Особенности линии малой мощности и конструкции, входящих в состав машин, характеризуются экономическими соображениями, то есть оборудование должно быть простейшей конструкции, выполнение смежных операций желательно совмещать, минимум механизированных транспортных операций, применение напольного транспорта и т. д. Поэтому в «грязной» зоне линии отдельные, а в чистой совмещены.

Производительность линии убоя свиней на предприятиях малой мощности определяется, в основном, производительностью оборудования для обезволашивания.

*Характеристика применяемого оборудования:*

- транспортирование туш и п/туш на подвесном пути вручную;
- бокс универсальный простейшей конструкции;
- подъем туш на путь обескровливания производится электролебедкой;
- площадки для бойцов неподвижные;
- мойка туш вручную;
- обезволашивание производится в скребмашине, совмещенной со шпарчаном отечественного производства;
- опалка производится ручной газовой горелкой;
- инструмент ручной;
- транспортирование субпродуктов и отходов до позиций обработки на рамах вручную.

Такие линии применяются на животноводческих фермах в цехах санитарного

убоя скота, а также на мясожировых предприятиях малой мощности, в животноводческих хозяйствах, в системе потребкооперации.

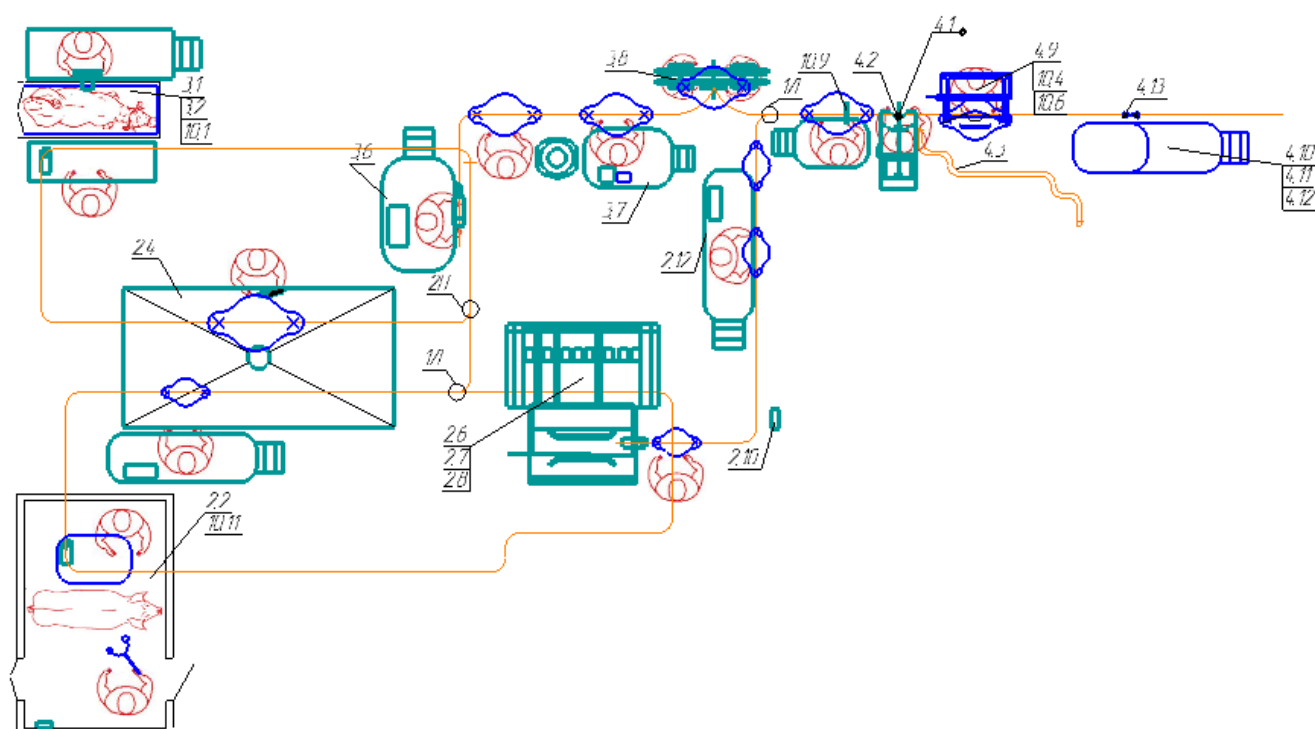
Примером может быть комплекс ППС производства компании ООО «ПРИС» (г. Москва) производительностью до 10 КРС в час, в которой применяется следующее оборудование:

- транспортирование туш и п/туш на подвесном пути вручную; -бюкс универсальной простейшей конструкции с ручным управлением; -подъем туш на путь обескровливания элекролебедкой;
- совмещение технологических операций на одной площадке;
- шкуроръёмка типа «снизу-вверх» (например, шкуроръёмка В2-ФСШ производства ОАО «Брестмаш»);
- инструмент простейшей конструкции;
- транспортирование субпродуктов до позиции обработки на рамах вручную;
- транспортирование отходов вручную.

При расчетах задаются мощностью проектируемого цеха убоя скота и разделки туш и выбирают способ переработки сырья. Предварительно составляют технологическую схему производства, подбирают необходимое оборудование, а затем производят расчеты сырья, готовой продукции и вспомогательных материалов, оборудования, производственных площадей, рабочей силы, расхода пара, воды и электроэнергии.

Сырьевой расчет, получаемый на выходе линии, определяется исходя из среднего живого веса (массы скота). Выпуск готовой продукции — мясо на кости и продукты убоя (субпродукты, шкуры и пр.) рассчитывают по принятым нормам. Расход вспомогательных материалов рассчитывают по расходным коэффициентам на данную единицу продукции по проектным или производственным нормам.

Схема технологической линии и ее состав показаны на рисунке 1.



**Рисунок 1** – Схема технологической линии

**Состав линии:** 2.2 – загон для оглушения, 2.4 – ванна для сбора крови, 2.6 – спуск перед шпарчаном, 2.7 – шпарчан-скребмашина, 2.8 – приемный стол для туш после скребмашины, 2.10 – ручная газовая горелка, 2.12 – площадка для опалки туш, 3.2 – стол для оглушенных туш, 3.4 – ванна для сбора крови, 3.6 – площадка для забеловки, 3.8 – шкуроръемка, 4.1 – пила для грудной клетки, 4.2 – площадка для нутровки, 4.3 – вешало для красных органов, 4.4 – стол для обработки красных органов, 4.5 – стол для стекания, 4.6 – чан для промывки красных органов, 4.10 – площадка для туалета п/туш, 4.11 – площадка ветеринарной инспекции, 4.12 – площадка для классификации и взвешивания.

Технологическая линия включает в себя следующие операции:

*Убой и разделка свиней в «грязной» зоне.*

**Оглушение.** Производится в загоне (2.2) для оглушения, где рабочий электрощипцами (10.11) оглушает скот. На заднюю ногу оглушенной туши накладывается путовая цепь и осуществляется подъем туши электролебедкой и установка на подвесной путь.

**Обескровливание.** Рабочий накладывает лигатуру на пищевод. Время сбора пищевой крови у свиней 20 секунд. Пищевую кровь собирают в бидоны. Далее происходит сбор технической крови ножом для перерезания шейных сосудов. Техническую кровь собирают в ванну (2.4).

**Мойка туш перед шпарчаном.** Производится экономичным душем с целью снижения загрязнения воды в шпарчане.

**Обезволашивание.** Обезволашивание производится в скребмашине, совмещенной со шпарчаном. Предварительно производится шпарка: тушу погружают в горячую воду 62–64 С в чане (2.6); время шпарки 3–5 минут в зависимости от породы, возраста, массы и др. Затем производится обезволашивание, то есть включается вращение скребкового вала. Время обезволашивания составляет 25–30 сек. Далее туша поступает на приемный стол (2.8), где производится удаление задних ног с помощью ручных ножей, одевание троллеев и подъем на путь разделки. С помощью электролебедки туша поднимается и устанавливается на подвесной путь обработки туш.

**Опалка туш.** Опаливают остатки щетины и удаляют эпидермис (наружный слой кожи). Опалка производится ручными газовыми горелками (2.10) на специальной площадке (2.12).

**Мойка и полировка туш.** Для мойки и опалки обезволоженных туш применяется экономичный душ и ручные щётки.

**Отрезание передних ног и головы** производят ручным ножом, голова вешается на вешала для голов, также отрезаются уши.

**Инспекция на трихинеллез.** Ручным ножом ветврач вырезает жевательные мышцы и лимфатические узлы и передает в лабораторию.

**Вырезание проходника** (окольцовка гузенки) происходит на стационарной площадке, где рабочий ручным ножом вырезает проходник. После каждой туши инструмент стерилизуется.

*Убой и разделка КРС в «грязной» зоне.*

**Оглушение.** Оглушение производится в саморазгружающемся боксе с ручным управлением (3.1) пневмопистолетом (10.1) с проникающим бойком. Оглушенные туши попадают на приемный стол (3.2). На заднюю ногу оглушенной туши накладывается путовая цепь и осуществляется подъем туши электролебедкой и установка на подвесной путь.

**Обескровливание.** Происходит наложение лигатуры на пищевод. Сбор крови

на пищевые цели осуществляется полым ножом со шлангом. Пищевую кровь собирают в течение 20-30 секунд в бидоны.

*Подготовка туши к снятию шкуры.* Производится забеловка (3.6) ручными ножами с пола и со стационарной площадки.

*Снятие шкуры.* Для предприятий мощностью до 10 КРС в час применяется шкуротъемка (3.8) типа «снизу-вверх». Шкура подрезается на положении вытянутой руки ручным ножом.

*Обработка туш свиней и КРС* на совмещенной линии в «чистой» зоне.

*Нутровка.* Вначале производится распиловка грудной кости пилой (4.1). При этом после распиловки каждой туши происходит стерилизация инструмента. Затем происходит извлечение внутренних органов туши. Белые органы вручную подаются в окно участка для дальнейшей обработки, а красные органы на вешалах (4.3) транспортируются на участок обработки красных органов (4.4) и стол стекания (4.5).

*Распиловка туш на полутуши.* Рабочий находится на подъёмно-опускной площадке (4.2), оснащённой пилой для распиловки туш, находящейся на балансирах, стерилизатором пилы и экраном для сбора опилок.

*Зачистка туш* производится на стационарных площадках (4.10) ручным ножом.

*Окончательный ветосмотр и заключительные операции.* Окончательный ветосмотр осуществляется на подъёмно-опускной площадке (4.11). Определяется качество обработки и упитанность полутуш. Происходит клеймение туш и взвешивание полутуш на монорельсовых весах (4.12). Далее полутуши направляются по подвесному пути в холодильник.

**Примечание.** Каждое рабочее место должно быть оснащено мойкой со стерилизатором инструмента, кабиной для мойки фартуков, экономичным душирующим устройством.

**Заключение.** В ходе выполнения настоящей работы разработан технический проект технологической линии убоя и разделки КРС 25 голов в час. Произведен сырьевой расчет, а также определены технические характеристики технологической линии.

Данная разработка представляет интерес как для мясоперерабатывающей отрасли Республики Беларусь, так и для стран СНГ, т. к. в ходе анализа отечественного и мирового производства технологических линий было определено, что ТЛ производительностью 25 голов в час является наиболее востребованной в странах СНГ.

Результаты настоящей работы являются основанием для разработки рабочей документации для серийного производства линии, а также для разработки технологического оборудования, входящего в состав линии.

#### **Список цитированных источников**

1. Ляшук Н.У. Система машин для мясожирового производства. Классификация технологических линий убоя и разделки скота / Н.У.Ляшук, Р.А.Титовец // Новые технологии и материалы, автоматизация производства: Н72: материалы Междунар. научн.-техн. конф., Брест, 2–3 ноября 2016 г. – Брест: БрГТУ, 2016. – 236 с.

2. Мясожировое производство: убой животных, обработка туш и побочного сырья / Под ред. А.Б. Лисицына– М.: ВНИИ мясной промышленности, 2007.

3. Оборудование для мясной и птицеперерабатывающей промышленности. Отраслевой каталог / ЦНИИТЭИлегищмаш. – Москва – 1986.

УДК 637.513.1

**Сверба С.В., Габзалилов Р.М., Рассохин Р.В.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Ляшук Н.У.**

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ УБОЯ И РАЗДЕЛКИ СВИНЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 120 Г/ЧАС.**

**Введение.** Разработка технического проекта технологической линии убоя и разделки свиней выполняется в соответствии с НИОК(Т)Р «Разработка системы машин для мясожировых производств» гос. № 20164697 от 29.12.2016 г., раздел «Разработка технологических линий убоя и разделки скота в соответствии с их классификацией». Классификация технологических линий убоя и разделки свиней по производительности [1] указана в таблице 1.

Технологическая линия убоя и разделки свиней производительностью до 120 голов в час востребована не только в нашей стране, но и особенно в Российской Федерации. Этой темой заинтересовались машиностроительные предприятия г. Бреста. Планируется подача заявки на областной конкурс инновационных работ по данной теме и в программу РНТП Брестской области. Кроме того, во время пребывания группы студентов в октябре 2016 г. на международной выставке «Агропродмаш – 2016», которая проходила в Москве были проведены переговоры с российскими компаниями, занимающимися продажей мясоперерабатывающего оборудования, о сотрудничестве. Семь компаний проявили заинтересованность в сотрудничестве по реализации предлагаемой технологической линии на рынке СНГ.

Одним из основных этапов разработки и постановки машиностроительной продукции на серийное производство является разработка технического проекта.

**Цель и задачи исследования.** Цель — организация серийного производства технологической линии на машиностроительном предприятии Республики Беларусь. Задачей является разработка технического проекта технологической линии убоя и разделки свиней 120 голов в час; определение технических характеристик технологической линии.

**Основная часть.** При расчетах задаются мощностью проектируемого цеха убоя скота и разделки туш и выбирают способ переработки сырья. Предварительно составляют технологическую схему производства, подбирают необходимое оборудование, а затем производят расчеты сырья, готовой продукции и вспомогательных материалов, оборудования, производственных площадей, рабочей силы, расхода пара, воды и электроэнергии.

Сырьевой расчет, получаемый на выходе линии, определяется исходя из среднего живого веса (массы скота). Выпуск готовой продукции — мясо на кости и продукты убоя (субпродукты, шкуры и пр.) рассчитывают по принятым нормам. Расход вспомогательных материалов рассчитывают по расходным коэффициентам на данную единицу продукции по проектным или производственным нормам.

**Описание принципа работы линии (рис 1).** Оглушение, являющееся одной из важных операций в процессе убоя животных, осуществляется с целью их обездвиживания и ослабления чувствительности животного для обеспечения безопасных условий работы при выполнении технологических операций. Оглушение происходит поражением нервной системы животного электрическим током (электрооглушение). При оглушении сердце животного не должно прекращать деятельности, иначе обескровливание не будет полным, выход крови уменьшится, а мясо будет быстрее портиться.

**Обескровливание** проводят в вертикальном положении животного. Вертикальное обескровливание имеет ряд преимуществ: больший выход крови и туша хорошо обескровливается, а также лучше обеспечиваются гигиенические усло-

вия при выполнении этой операции. Общая продолжительность процесса обезкровливания туш составляет 8 мин.

**Таблица 1** – Классификация линий убоя и разделки свиней по производительности

№ п/п	Производительность линии, голов в час	Критерии классификации, характеристика применяемого оборудования	Применение линий
1	До 16	Определяется в основном производительностью оборудования для обезволашивания (отечественного производства). Характеристика применяемого оборудования: — транспортирование туш и п/туш на подвесном пути вручную; — бокс универсальный простейшей конструкции с ручным управлением; — мойка туш вручную с использованием шланга; — обезволашивание скребмашиной, совмещенной со шпарчаном отечественного производства	животноводческих фермах в цехах санитарного убоя скота; мясожировые предприятия малой мощности в животноводческих хозяйствах, в системе потребкооперации
2	До 25	См. производительность до 25 голов в час, а также: — обезволашивание скребмашиной, совмещенной со шпарчаном, европейских изготовителей	мясожировые предприятия малой мощности, животноводческие хозяйства
3	До 40	См. производительность до 25 голов в час, а также: — подъем туш на подвесной путь подъемником элеваторного типа; — опалка в скребмашине, совмещенной с опалкой	мясожировые предприятия малой мощности, животноводческие хозяйства
4	До 60	Характеристика применяемого оборудования: — транспортирование туш и п/туш на подвесном пути с помощью подвесного конвейера; — бокс фиксирующий пневматический; — подъем туш на подвесной путь подъемником элеваторного типа	мясокомбинаты небольшой мощности; крупные животноводческие хозяйства
5	До 120	См. производительность до 60 голов в час, а также: — применяется отдельно порталная скребмашина и опалочная печь	мясокомбинаты средней мощности; крупные животноводческие хозяйства

При переработке свиней в шкуре с туш удаляют щетину. Для облегчения выдергивания щетины из волосяных сумок крайне важно размягчить верхний слой эпидермиса, что осуществляется в процессе шпарки. Шпарку осуществляют в



шпарильных чанах. Для обработки туши опускают на стол приемки с помощью электрической лебедки. Туша автоматически подается в люльки шпарильного чана. В чане туши полностью покрываются водой температурой 62–65 оС, время шпарки составляет 3–4 минуты. В шпарильном чане туши перемещаются от места загрузки к месту подачи на скребмашину при помощи конвейера. По окончании шпарки туши автоматически перегружаются из чана в скребмашину, где производится обезволашивание. Далее делают кольцевой надрез кожи на задних ногах выше скакательного сустава и сквозной прокол ножом, вскрывая ахилловые сухожилия. В прокол вставляют концы разноги, разногу надевают на крюк ролика, поднимают тушу на подвесной путь и передают на опалку. Опалку осуществляют в опалочных печах периодического действия. Туши, у которых удален крупон, опаливают со стороны грудной и брюшной частей. Длительность опалки 15 с, после чего туши проходят через душирующее устройство, где сгоревший слой эпидермиса размягчается. Для очистки туши от сгоревшего эпидермиса используются полировочные машины, в которых туша скребками очищается от следов нагара. После этого она направляется на конвейер нутровки.

Перед *нутровкой* подрезаются мышцы и связки у основания нижней челюсти головы. Ветврач проводит осмотр, отмечает тушу 4-мя одинаковыми номерами. Перед нутровкой рабочий разрезает грудную кость по хрящевым сращениям, подрезает мускулы живота по белой линии. Все внутренние органы укладываются на стол нутровки.

После нутровки производится распиловка туш на две продольные полутуши.

Во время сухого туалета отделяют задние ножки и хвост, удаляют почки и почечный жир, зачищают нижнюю часть туши и отделяют голову. Головы отправляются в отделение обработки шерстных субпродуктов. Мокрый туалет полутуш производится водой с температурой 35–40°С с помощью фонтанирующих щеток. После сухого и мокрого туалета проводится осмотр ветеринара, который производит клеймение и маркировку. Если туша соответствует всем нормам и требованиям она поступает на взвешивание, в противном случае (если туша вызвала подозрение у ветеринара), она направляется в помещение для подозрительных туш. После взвешивания туша подается на хранение в холодильник.

**Заключение.** В ходе выполнения настоящей работы разработан технический проект технологической линии убоя и разделки свиней 120 голов в час. Произведен сырьевой расчет, а также определены технические характеристики технологической линии.

Данная разработка представляет интерес как для мясоперерабатывающей отрасли Республики Беларусь, так и для стран СНГ, т. к. в ходе анализа технологических линий отечественного и мирового производства было определено, что технологическая линия производительностью 120 голов в час наиболее востребована в странах СНГ.

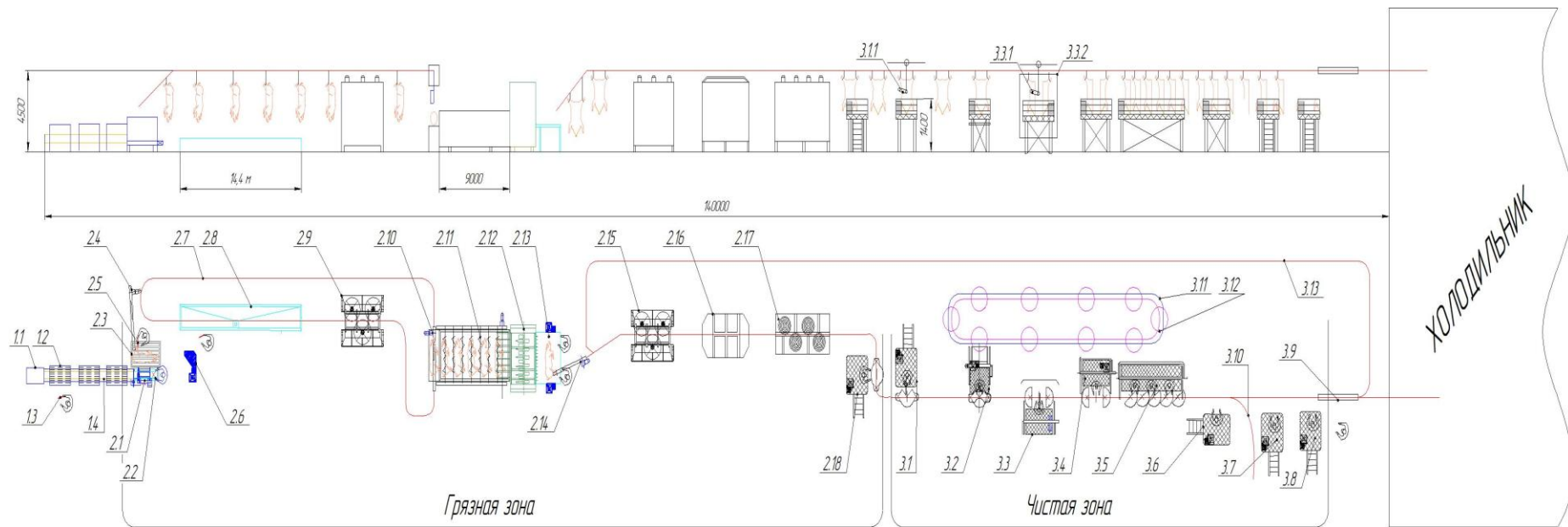
Результаты настоящей работы являются основанием для разработки рабочей документации для серийного производства линии, а также для разработки технологического оборудования, входящего в состав линии.

#### **Список цитированных источников**

1. Ляшук Н.У. Система машин для мясожирового производства. Классификация технологических линий убоя и разделки скота / Н.У.Ляшук, Р.А.Титовец // Новые технологии и материалы, автоматизация производства: Н72: материалы Междунар. научн.-техн. конф., Брест, 2–3 ноября 2016 г. – Брест: БрГТУ, 2016. – 236 с.

2. Мясожировое производство: убой животных, обработка туш и побочного сырья / Под ред. А.Б. Лисицына – М.: ВНИИ мясной промышленности, 2007.

3. Оборудование для мясной и птицеперерабатывающей промышленности. Отраслевой каталог / ЦНИИТЭИлегищемаш. – Москва – 1986.



**Предубойное содержание:** 1.1 – весы платформенные; 1.2 – душирующее устройство; 1.3 – электропогонялка; 1.4 – прогонный путь

**Грязная зона:** 2.1 – бокс для оглушения (пневматический); 2.2 – электрощипцы; 2.3 – стол для приема туш; 2.4 – элеватор для подъема туш; 2.5 – полый нож для сбора пищевой крови; 2.6 – фартукомойка; 2.7 – конвейер обескровливания; 2.8 – ванна для сбора технической крови; 2.9 – 3-вальная моечная машина; 2.10 – система автоматического опускания; 2.11 – шпарчан; 2.12 – скребмашина; 2.13 – стол приема туши; 2.14 – элеватор для подъема туш на основной конвейер; 2.15 – обивочная машина; 2.16 – машина для обжига; 2.17 – 4-вальная обивочная машина; 2.18 – площадка для обработки заднего прохода

**Чистая зона:** 3.1 – стационарная площадка для распиловки грудины; 3.1.1 – пила для распиловки грудины; 3.2 – пневматическая площадка для нутровки; 3.3 – пневматическая площадка распиловки туши; 3.3.1 – пила для распиловки; 3.3.2 – экран; 3.4 – пневматическая площадка дообрезки и извлечения спинного мозга; 3.5 – пневматическая площадка для мокрого и сухого туалета; 3.6 – пневматическая площадка для осмотра ветврача; 3.7 – площадка для определения качества и упитанности туш; 3.8 – площадка маркировки и клеймения; 3.9 – взвешивание полутуш; 3.10 – конвейер для подозрительных туш; 3.11 – конвейер белых органов; 3.12 – конвейер красных органов; 3.13 – конвейер обработки туш и полутуш

**Рисунок 1** – Схема технологической линии убоя и разделки свиней производительностью до 120 голов в час

УДК 637.51

*Сверба С.В., Габзалилов Р.М., Рассохин Р.В.*

*Научный руководитель: старший преподаватель Ляшук Н.У.*

## **АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ВХОДЯЩЕГО В ЛИНИЮ ДЛЯ УБОЯ И РАЗДЕЛКИ СВИНЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 120 ГОЛОВ В ЧАС**

**Введение.** Исследования выполняются для определения прототипов разрабатываемых машин, входящих в состав линии убоя и разделки свиней, производительностью до 120 голов в час. Разработка технологической линии убоя и разделки свиней выполняется в соответствии с НИОК(Т)Р «Разработка системы машин для мясозировых производств» государственный № 20164697 от 29.12.2016 г., раздел «Разработка технологических линий убоя и разделки скота в соответствии с их классификацией».

В СССР выпускалась линия убоя и разделки свиней производительностью до 120 голов в час. Однако это была разработка 60–70 годов прошлого столетия, и технический уровень оборудования, входившего в состав линии, на сегодняшний день устарел.

**Цель и задачи исследования.** Цель исследования — организация серийного производства технологической линии на машиностроительном предприятии Республики Беларусь. Задачей является разработка технического проекта технологической линии убоя и разделки свиней производительностью до 120 голов в час; определение технических характеристик технологической линии.

**Основная часть.** Технологическое оборудование, входящее в состав линий убоя и разделки свиней подразделяется на следующие группы:

1. Основное технологическое оборудование, к которому относятся следующие машины:

- боксы для оглушения;
- устройства для подъема туш на подвесной путь;
- устройства для сбора пищевой крови;
- оборудование для обезволашивания туш (шпарильные чаны и скребмашины);
- машины для сушки, мойки и полировки туш;
- машина опалочная.

2. Подвесной путь и элементы подвесного пути.

3. Конвейера и другие средства для межоперационного транспортирования.

4. Площадки для бойца: стационарные и подъемно-опускные, в том числе площадка подъемно-опускная для нутровки и площадка подъемно-опускная для распиловки туш на полутуши.

5. Инструмент (устройства для оглушения, пилы, ножи, резак для отделения ног, головы и т. д.).

6. Санитарно-гигиеническое оборудование.

Боксы для оглушения применяются на мясоперерабатывающих предприятиях в цехах убоя скота для обездвиживания животного во время операции оглушения.

Для линий производительностью до 120 свиней в час применяют пневматический бокс, фиксирующий тушу по бокам (рисунок 1).



**Рисунок 1** – Бокс для оглушения свиней



**Рисунок 2** – Моечная машина

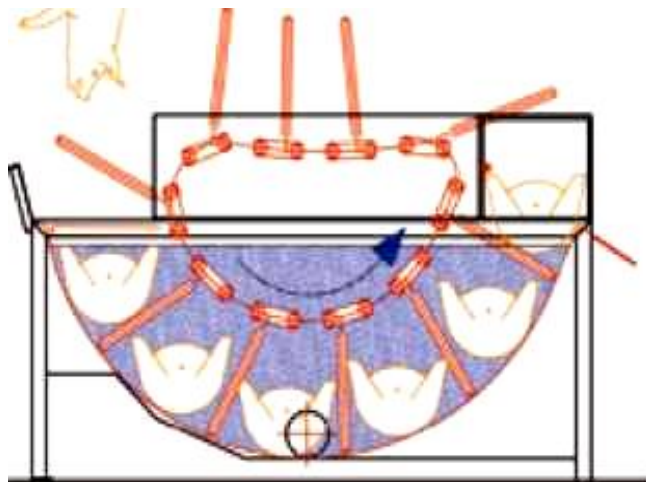
Оборудование для мойки и сушки туш свиней обеспечивает необходимую санитарную обработку туш, которая является основным требованием и стоит на первом месте по важности в технологии обработки туш в грязной зоне.

Моечные машины для туш свиней бывают бильные и бичевые. Бильные моечные машины нужны только для снятия нежелательных веществ, находящихся на поверхности туши. Бильные моечные машины устанавливают после ванны обескровливания и перед шпарчаном.

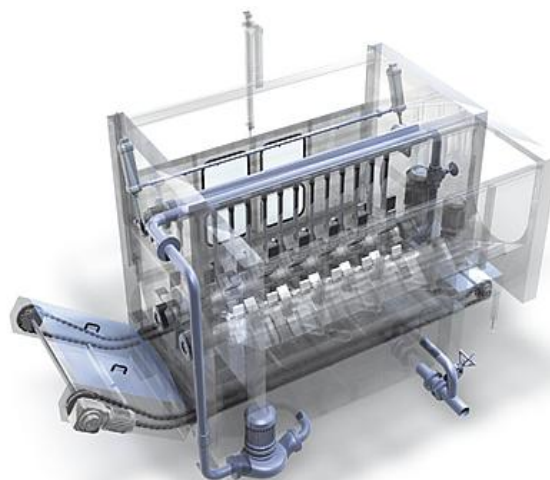
Машины применяются для мойки поверхности туши, а также для отделения верхних покровов кожи – эпидермиса.

Бичевые машины данного типа (рисунок 2) устанавливаются в конце грязной зоны и являются завершающими.

Туши свиней, выходящие из шпарчана и скребмашины, отличаются повышенной влажностью поверхности и верхних слоёв кожи. Это является нежелательным эффектом для следующей операции — опалки. Поэтому перед опалкой устанавливают машину для сушки туш, которая отличается от моечной отсутствием подачи воды. Щетки также удаляют остатки кожи, оставшейся на туше после скребмашины.



**Рисунок 3** – Шпарчан роторный



**Рисунок 4** – Скребмашина для туш свиней

Шпарильный чан предназначен для полной шпарки свиных туш. В данной технологической линии установлен роторный шпарчан непрерывного действия (погружной), шпарильный чан с цепным конвейером.

Скребмашины предназначены для удаления щетины со свиных туш, подвергшихся частичной или полной шпарке.

Скребмашины подразделяют на горизонтально-поперечные (периодического действия), горизонтально-продольные и вертикальные (непрерывного действия). Так же скребмашина может быть совмещена с шпарильным чаном, она называется комбинированной.

По количеству скребковых барабанов поперечно-горизонтальные машины бывают одно-, двух- и трехбарабанные. В данной линии установлена поперечно-горизонтальная однобарабанная скребмашина (рисунок 4).

**Заключение.** В ходе выполнения настоящей работы проанализированы современные модели оборудования, входящие в состав технологической линии убоя и разделки свиней производительностью до 120 голов в час, разработан технический проект технологической линии убоя и разделки свиней производительностью 120 голов в час. Результаты настоящей работы являются основанием для разработки технического проекта технологической линии убоя и разделки свиней производительностью до 120 голов в час, а также для разработки технологического оборудования, входящего в состав линии.

#### **Список цитированных источников**

1. Ляшук Н.У. Система машин для мясожирового производства. Классификация технологических линий убоя и разделки скота / Н.У.Ляшук, Р.А.Титовец // Новые технологии и материалы, автоматизация производства: Н72: материалы Междунар. научн.-техн. конф., Брест, 2–3 ноября 2016 г. – Брест: БрГТУ, 2016. – 236 с.

2. Мясожировое производство: убой животных, обработка туш и побочного сырья / Под ред. А.Б. Лисицына– М.: ВНИИ мясной промышленности, 2007.

3. Оборудование для мясной и птицеперерабатывающей промышленности. Отраслевой каталог / ЦНИИТЭИлегпищемаш. – Москва – 1986.

УДК 621.9.06

**Трофимчук А.С.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Дакало Ю.А.**

### **ОСОБЕННОСТИ КИНЕМАТИЧЕСКОГО РАСЧЁТА ПРИВОДОВ ПОДАЧ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫХ СТАНКОВ**

Несмотря на развитие станков с ЧПУ с бесступенчатым или смешанным регулированием, универсальные станки с ручным управлением по-прежнему востребованы и широко используются в условиях единичного, мелкосерийного и ремонтного производства. В большинстве современных моделей универсальных токарно-винторезных станков с ручным управлением в механизмах главного движения и подач применяют механические передачи со ступенчатым регулированием.

Для обеспечения рационального технического обслуживания и последующего ремонта была поставлена задача составить кинематическую схему и определить числа зубьев коробки подач токарно-винторезного станка модели D460, так как в современных руководствах по эксплуатации станков обычно отсутствуют данные сведения.

При кинематическом расчёте приводов подач токарно-винторезных станков основным требованием является возможность настройки станка на нарезание метрических, дюймовых, питчевых и модульных резьб. Методика расчета таких

коробок подач отличается от методики, применяемой при расчете коробок, обеспечивающих заданный ряд подач, построенный по закону геометрической прогрессии. Особенностью таких приводов является то, что шаг резьб, нарезание которых должно быть осуществлено на токарно-винторезном станке, не подчиняется закону геометрической прогрессии. Поэтому при расчете таких приводов неприменим в чистом виде графоаналитический метод расчета. Такие приводы рассчитываются аналитическим методом. В литературных источниках методика расчёта таких приводов приводится в основном на примере коробок подач с конусом шестерён (конусом Нортон) [1, 2 и др.]. Такие механизмы обеспечивают невысокую жёсткость привода и в настоящее время в современных токарных станках практически не применяются.

Рассмотрим цепь нарезания метрической резьбы составленной кинематической схемы станка D460 (рисунок 2). При нарезании метрической резьбы муфта С включена, R — выключена (передачи, не участвующие в передаче движения выделены тонкой линией).

Уравнение кинематического баланса для нарезания метрической резьбы в общем виде:

$$P_i = 1 \text{ об. шп.} \times i_p \times i_{I-II} \times i_{I-III} \times i_{I-IV} \times P_{X.B.}, \text{ мм,}$$

$$i_{I-IV} = i_{D-E-F} \cdot i_{1-10} \cdot \frac{z_{37}}{z_{38}} \cdot i_{S-U},$$

где  $i_p$  — передаточное отношение реверса;  $i_{I-II}$  — передаточное отношение звена увеличения шага;  $i_{I-III}$  — передаточное отношение гитары сменных зубчатых колёс;  $i_{I-IV}$  — передаточное отношение коробки подач;  $P_{X.B.} = 6$  — шаг ходового винта, мм;  $i_{D-E-F}$ ,  $i_{1-10}$ ,  $i_{S-U}$  — передаточные отношения множительных механизмов D–E–F, 1–10, S–U соответственно.

Расположим значения шага нарезаемой резьбы в таблице 1 таким образом, чтобы по горизонтали шаг соответствовал стандартным значениям, а по вертикали значения обеспечивали геометрический ряд со знаменателем  $\varphi = 2$ . Как видно из таблицы 1, некоторые варианты включения передач не обеспечивают стандартные значения шага метрической резьбы (ячейки со знаком «—»). Значения шага по горизонтали можно получить переключением множительного механизма 1–10, а по вертикали — звена увеличения шага I–II, множительного механизма D–E–F и множительного механизма S–U.

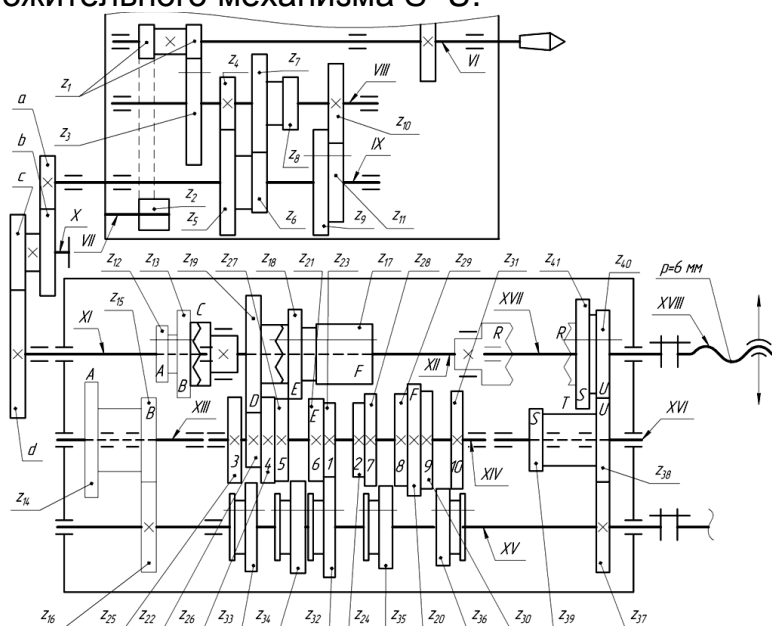


Рисунок 2 – Порядок включения передач при нарезании метрической резьбы

**Таблица 1** – Значения шага нарезаемой метрической резьбы, мм

Передачи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
II CFS	0,1	–	–	–	–	–	0,15	–	–	–
II CES	0,2	–	–	0,25	–	–	0,3	–	–	0,35
II CDS	0,4	0,45	–	0,5	0,55	–	0,6	0,65	–	0,7
II CEU	–	–	–	–	–	–	0,75	–	–	–
I CFS	0,8	0,9	–	–	–	–	–	–	–	–
II CDU	1	–	–	1,25	–	–	1,5	–	–	1,75
I CFU	2	2,25	–	2,5	2,75	–	3	3,25	–	3,5
I CEU	4	4,5	–	5	5,5	–	6	6,5	–	7
I CDU	8	9	–	10	11	–	12	13	–	14

Исходя из таблицы 1 (горизонтальная строка), передаточные отношения зубчатых передач множительного механизма 1–10 должны иметь отношения:

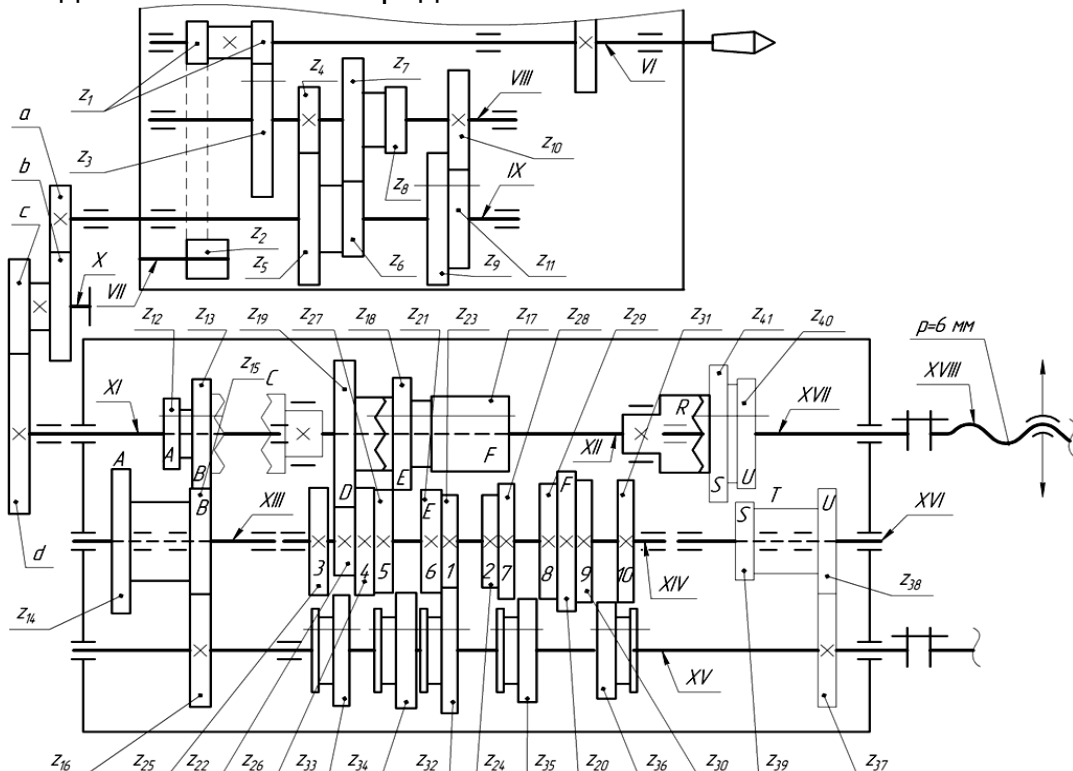
$$i_1 : i_2 : i_3 : i_4 : i_5 : i_6 : i_7 : i_8 : i_9 : i_{10} = 16 : 18 : 19 : 20 : 22 : 23 : 24 : 26 : 27 : 28.$$

Множительные механизмы D-E-F и S-U, а также звено увеличения шага должны обеспечить изменение шага в пропорции:

$$1 : 2 : 4 : 5 : 8 : 10 : 20 : 40 : 80.$$

Таким образом, полученные отношения позволяют подобрать числа зубьев колёс коробки подач для нарезания метрической резьбы.

Однако, как уже было отмечено выше, коробка подач должна обеспечивать нарезание не только метрических, но и дюймовых, питчевых и модульных резьб. При нарезании дюймовой резьбы муфта С выключена, R — включена (рисунок 3), при этом меняется направление движения в механизме настройки 1-10 и D-E-F. Кроме того, для получения требуемого шага дюймовой резьбы в цепь необходимо ввести дополнительные передачи А–В.



**Рисунок 3** – Порядок включения передач при нарезании дюймовой резьбы

Расположим значения шага нарезаемой резьбы, выраженного как число ниток на 1", в таблице 2 аналогично метрической резьбе.

**Таблица 2** – Значения шага нарезаемой дюймовой резьбы, число ниток на 1"

Передачи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
II AER	64	72	76	80	88	92	96	104	108	112
II AFR	32	36	38	40	44	46	48	52	54	56
II BFR	16	18	19	20	22	23	24	26	27	28
I AER	8	9	9 ½	10	11	11 ½	12	13	13 ½	14
I AFR	4	4 ½	4 ¾	5	5 ½	5 ¾	6	6 ½	6 ¾	7
I BFR	2	2 ¼	2 3/8	2 ½	2	2 ¾	2 7/8	3	3 ¼	3 ½

Уравнение кинематического баланса для нарезания дюймовой резьбы в общем виде:

$$\frac{25,4}{P_i''} = n_i = 1 \text{ об. шп.} \times i_p \times i_{I-II} \times i_{II-III} \times i_{III-IV} \times P_{X,B},$$

$$i_{КП} = i_{A-B} \times \frac{z_{15}}{z_{16}} \times \frac{1}{i_{1-10}} \times \frac{1}{i_{D-E-F}},$$

где  $n_i$  — число ниток на 1";  $i_{A-B}$  — передаточное отношение множительного механизма А-В.

Из таблицы 2 также видно, что множительный механизм 1-10 должен обеспечить изменение передаточных отношений:

$$i_1 : i_2 : i_3 : i_4 : i_5 : i_6 : i_7 : i_8 : i_9 : i_{10} = 16 : 18 : 19 : 20 : 22 : 23 : 24 : 26 : 27 : 28.$$

Множительные механизмы D-E-F и А-В, а также звено увеличения шага должны обеспечить изменение шага в пропорции: 1 : 2 : 4 : 8 : 16 : 32.

Аналогичным образом можно составить таблицы шага модульной и питчевой резьб. При нарезании модульной и питчевой резьбы в передаче движения участвуют те же передачи, что и для метрической и дюймовой соответственно. При этом переход от метрической к модульной и от дюймовой к питчевой резьбам реализуется с помощью замены сменных зубчатых колёс.

Задав параметры передач фартука по разработанной кинематической схеме резьбонарезной цепи коробки подач можно определить величины продольных и поперечных подач, которые возможно получить при различной настройке гитары сменных зубчатых колёс и множительного механизма.

Учитывая выделенные особенности кинематического расчёта, были составлены уравнения кинематического баланса для различных видов резьб и подач в общем и численном виде и подобраны числа зубьев коробки подач токарно-винторезного станка.

На основе проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

— шаг резьб, нарезание которых должно быть осуществлено на токарно-винторезном станке, не подчиняется закону геометрической прогрессии, поэтому при расчете таких приводов в полной мере неприменим графоаналитический метод;

— ряд и величины продольных и поперечных подач определяются по разработанной кинематической схеме резьбонарезной цепи коробки подач с учётом передач фартука;

— настройка шага для различных типов резьбы и подач может осуществляться одними и теми же органами настройки при условии введения в кинематическую схему дополнительных передач.

#### Список цитированных источников

1. Металлорежущие станки. Учебное пособие для втузов. / А.С. Колев, Л.В. Красниченко, А.С. Никулин [и др.] – М.: Машиностроение, 1980.
2. Металлорежущие станки / Под. ред. В.К. Тепинкичиева. – М.: Машиностроение, 1973. – 472 с.
3. Металлорежущие станки: учебник: в 2 т. / Т.М. Авраимова, В.В. Бушуев, Л.Я. Гиловой [и др.]; под. ред. В.В. Бушуева.– Машиностроение, 2011. Т. 1.. – 608 с: ил.



# **ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ**

## СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПЛОСКИХ САМОНАПРЯЖЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА СТАДИИ РАСШИРЕНИЯ БЕТОНА

Целью настоящей работы является сравнительный анализ методов расчета для определения параметров напряженно-деформированного состояния самонапряженных элементов, находящихся в условиях двухосного ограничения деформаций, на стадии расширения напрягающего бетона.

Для определения связанных деформаций расширения в ограничивающей арматуре и самонапряжений в бетоне плоских самонапряженных элементов к моменту стабилизации процесса расширения могут быть использованы следующие расчетные методы.

**Расчетный метод 1.** В ТКП 45-5.03-158-2009 [1] относительная деформация на уровне центра тяжести всей ограничивающей арматуры, расположенной в сечении конструкции, к моменту стабилизации процесса расширения, определяется по формуле:

$$\varepsilon_{s,CE} = \frac{1}{\rho_l \cdot E_s} f_{CE,d} \cdot k_s \cdot k_p \cdot k_e \cdot k_w \cdot k_0, \quad (1)$$

где  $f_{CE,d}$  — расчетное самонапряжение напрягающего бетона, установленное в зависимости от марки по самонапряжению и принимаемое по таблице 6.7 [1];  $\rho_l$  — суммарный коэффициент армирования;  $E_s$  — модуль упругости ограничивающей арматуры;  $k_s$  — коэффициент, равный 1,2 при двухосном армировании;  $k_p, k_e, k_w, k_0$  — корректирующие коэффициенты, учитывающие влияние конструктивно-технологических параметров на развитие процесса расширения.

**Расчетный метод 2.** Взаимное влияние упругого ограничения по различным направлениям на величину связанных относительных деформаций расширения в работе [2] учитывается следующим образом:

— по направлению оси  $x$

$$\begin{cases} \varepsilon_{CE,x} = (0,98 + 16 \cdot \rho_{ly} - 12 \cdot \rho_{lx}) \cdot \varepsilon_{CE,x,0}, & \text{если } \rho_{lx} \leq \rho_{ly}, \\ \varepsilon_{CE,x} = (0,98 + 16 \cdot \rho_{lx} - 12 \cdot \rho_{ly}) \cdot \varepsilon_{CE,x,0}, & \rho_{lx} > \rho_{ly}, \end{cases} \quad (2)$$

— по направлению оси  $y$

$$\begin{cases} \varepsilon_{CE,y} = (0,98 + 16 \cdot \rho_{lx} - 12 \cdot \rho_{ly}) \cdot \varepsilon_{CE,y,0}, & \text{если } \rho_{lx} \leq \rho_{ly}, \\ \varepsilon_{CE,y} = (0,98 + 16 \cdot \rho_{ly} - 12 \cdot \rho_{lx}) \cdot \varepsilon_{CE,y,0}, & \rho_{lx} > \rho_{ly}, \end{cases} \quad (3)$$

где  $\varepsilon_{CE,x,0}$ ,  $\varepsilon_{CE,y,0}$  — связанная относительная деформация напрягающего бетона по оси  $x$  без учета упругого ограничения по оси  $y$  и, соответственно, по оси  $y$  без учета упругого ограничения по оси  $x$ :

$$\varepsilon_{CE,x,0} = \frac{f_{CE,d} \cdot k_{px}}{\rho_{lx} \cdot E_s}; \quad \varepsilon_{CE,y,0} = \frac{f_{CE,d} \cdot k_{py}}{\rho_{ly} \cdot E_s}; \quad (4)$$

$\rho_{lx}$ ,  $\rho_{ly}$  — коэффициенты армирования по направлению оси  $x$  и  $y$  соответственно;

$f_{CE,d}$ ,  $E_s$ ,  $k_p$  — аналогично, как и в формуле (1).

**Расчетный метод 3.** В деформационной модели для элементов из напрягающего бетона, находящихся в условиях линейного ограничения деформаций [3], приращение связанной относительной деформации по направлению оси  $x$  за  $i$ -й промежуток времени определяется следующим образом:

$$(\Delta\varepsilon_{x,c})_i = \varepsilon_x(t_{i+1/2}) - \varepsilon_x(t_{(i-1)+1/2}) = (\Delta\sigma_{x,c})_i \cdot J(t_{i+1/2}, t_i) + \sum_{j=1}^{i-1} \left[ (\Delta\sigma_{x,c})_j \cdot \frac{\Delta\varphi(t_i, t_j)}{E_{c,28}} \right] + (\Delta\varepsilon_{x,\Delta T,as,ds})_i;$$

$$\Delta\varphi(t_i, t_j) = \varphi(t_{i+1/2}, t_j) - \varphi(t_{(i-1)+1/2}, t_j), \quad (5)$$

где  $t_{i+1/2}$ ,  $t_{(i-1)+1/2}$  — окончание  $i$ -го и  $(i-1)$ -го промежутка времени соответственно;

$\varepsilon_x(t_{i+1/2})$ ,  $\varepsilon_x(t_{(i-1)+1/2})$  — связанная относительная деформация в направлении оси  $x$  в конце  $i$ -го и  $(i-1)$ -го промежутка времени соответственно;

$(\Delta\sigma_{x,c})_j$ ,  $(\Delta\sigma_{x,c})_i$  — приращение напряжений в направлении оси  $x$  за  $j$ -й и  $i$ -й промежуток времени соответственно;

$(\Delta\varepsilon_{x,\Delta T,as,ds})_i$  — деформация свободного расширения в направлении оси  $x$  за  $i$ -й промежуток времени;

$J(t_{i+1/2}, t_j)$  — функция ползучести, которая определяется по формуле:

$$J(t_{i+1/2}, t_j) = \frac{1}{E_c(t_j)} + \frac{\varphi(t_{i+1/2}, t_j)}{E_{c,28}}, \quad (6)$$

где  $E_c(t_j)$  — модуль деформации бетона в модифицированном возрасте  $t_j$ ;

$E_{c,28}$  — модуль деформации бетона в возрасте 28 суток;

$\varphi(t_{i+1/2}, t_j)$  — коэффициент ползучести в возрасте бетона  $t_{i+1/2}$ .

Модифицированный возраст бетона определяется по формуле:

$$t = \sum_{i=1}^n \Delta t_i \cdot \exp \left[ 13,65 - \frac{4000}{273 + T(\Delta t_i) / T_0} \right], \quad (7)$$

где  $T(\Delta t_i)$  — температура ( $^{\circ}\text{C}$ ), действующая на временном интервале  $\Delta t_i$ ;  
 $T_0 = 1^{\circ}\text{C}$ .

Модуль упругости бетона в модифицированном возрасте  $t$  определяется по формуле:

$$E_c(t) = E_{c,28} \cdot \exp \left( s \left( 1 - \left( \frac{t_{28} - a}{t - a} \right)^{0,5} \right) \right), \quad (8)$$

где  $t_{28}$  — модифицированный возраст бетона, соответствующий 28 суткам реального времени;

$a$ ,  $s$  — эмпирические параметры материала.

Коэффициент ползучести в возрасте напрягающего бетона  $t$  определяется по зависимости:

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \cdot \left[ \frac{(t - t_0) / t_1}{\beta_n + (t - t_0) / t_1} \right]^{0,3}, \quad (9)$$

где  $\varphi_0$  — базовый коэффициент ползучести и

$$\varphi_0 = 5,31 \cdot \left( \frac{E_c(t_0)}{E_{c,28}} - 1 \right)^2 + 1,11; \quad (10)$$

$\beta_i$  — коэффициент, учитывающий влияние возраста бетона на изменение деформаций ползучести:

$$\left\{ \begin{array}{l} \beta_n = 0,000001, \\ \beta_n = 40,5 \cdot \left( \frac{E_c(t)}{E_{c,28}} - 0,346 \right) + 0,485, \end{array} \right. \text{если } \begin{array}{l} 0 \leq E_c(t) / E_{c,28} < 0,346 \\ 0,346 \leq E_c(t) / E_{c,28} < 1,0 \end{array} \quad (11)$$

С учетом функции ползучести формулу (5) представим следующим образом:

$$(\Delta\sigma_{x,c})_i = \frac{E_c(t_i)}{1 + \frac{E_c(t_i)}{E_{c,28}} \cdot \varphi(t_{i+1/2}, t_i)} \left( (\Delta\varepsilon_{x,c})_i - \sum_{j=1}^{i-1} \left[ \frac{(\Delta\sigma_{x,c})_j}{E_{c,28}} \cdot \Delta\varphi(t_i, t_j) \right] - (\Delta\varepsilon_{x,\Delta T,as,ds})_i \right) \quad (12)$$

В самоупругившихся элементах бетон и арматура деформируются совместно, поэтому напряжения в бетоне могут быть выражены через деформации в арматуре:

$$\sigma_{x,c} = \varepsilon_{x,s} \cdot E_s \cdot \rho_{x,l}, \quad (13)$$

где  $E_s$  — модуль упругости арматуры;

$\rho_{x,l}$  — коэффициент армирования в направлении оси  $x$ .

В случае плоского напряженного состояния напряжения по взаимно перпендикулярным направлениям связаны посредством коэффициента Пуассона  $\mu$ . Поэтому приращение напряжений, действующих по направлению осей армирования, в случае плоского напряженного состояния можно определить следующим образом:

$$\begin{cases} \Delta\sigma_{x_i} = \Delta\varepsilon_{x,s_i} \cdot E_{x,s} \cdot \rho_{x,l} - \mu \cdot \Delta\varepsilon_{y,s_i} \cdot E_{y,s} \cdot \rho_{y,l} \\ \Delta\sigma_{y_i} = \Delta\varepsilon_{y,s_i} \cdot E_{y,s} \cdot \rho_{y,l} - \mu \cdot \Delta\varepsilon_{x,s_i} \cdot E_{x,s} \cdot \rho_{x,l} \end{cases} \quad (14)$$

При известных значениях приращений связанных относительных деформаций расширения и самоупругившихся на каждой итерационном шаге, можно определить параметры напряженно-деформированного состояния в определенный момент времени:

$$\begin{cases} \sigma_{x_i} = \sigma_{x_{i-1}} + \Delta\sigma_{x_i} \\ \sigma_{y_i} = \sigma_{y_{i-1}} + \Delta\sigma_{y_i} \end{cases}; \begin{cases} \varepsilon_{x,s_i} = \varepsilon_{x,s_{i-1}} + \Delta\varepsilon_{x,s_i} \\ \varepsilon_{y,s_i} = \varepsilon_{y,s_{i-1}} + \Delta\varepsilon_{y,s_i} \end{cases} \quad (15)$$

На основании рассмотренных ранее моделей был выполнен расчет связанных деформаций расширения и самоупругившихся плитного образца с геометрическими параметрами  $b \times l \times h = 500 \times 500 \times 70$  мм, армированного плоской сеткой, расположенной в центре высоты сечения. Коэффициент армирования в двух направлениях был принят  $\rho_{lx} = \rho_{ly} = 0,97\%$ . Конструктивное решение исследуемого образца представлено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Конструктивное решение плитного образца

Для исследуемого плитного образца был принят напрягающий бетон следующего состава (из расчета на 1 м<sup>3</sup>): 500 кг : 750 кг : 1150 кг : 215 л — напрягающий цемент : песок : щебень : вода, В / Ц = 0,43. При расчете были использованы следующие характеристики напрягающего бетона: стабилизированная деформация свободного расширения  $\varepsilon_{cf} = 0,437\%$ , модуль деформации в возрасте бетона 28 суток  $E_{c,28} = 23,1$  МПа, самонапряжение бетона в возрасте 28 суток  $f_{CE,d} = 2,4$  МПа. Коэффициент Пуассона для бетона в раннем возрасте был принят  $\mu = 0,47$  [4].

Результаты расчета связанных деформаций расширения и самонапряжений по направлению осей армирования для элемента, находящегося в условиях двухосного ограничения деформаций, к моменту стабилизации процесса расширения приведены в таблице 1.

**Таблица 1** – Результаты расчета параметров напряженно-деформированного состояния по направлению осей армирования

Расчетный параметр	Расчетный метод		
	1 [1]	2 [2]	3 [3]
Связанные деформации расширения, $\varepsilon_x = \varepsilon_y, \text{‰}$	1,470	1,240	3,662
Самонапряжение, $\sigma_x = \sigma_y, \text{МПа}$	2,85	2,40	4,19

На основании полученных расчетных данных можно сделать следующие выводы:

1. Несмотря на простоту расчета, в методах 1 и 2 используются корректирующие коэффициенты, которые не могут учесть всевозможные конструктивно-технологические параметры самонапряженного элемента. В частности в расчетном методе 1 учет двухосного ограничения производится только с помощью коэффициента  $k_s = 1,2$ .

2. Расчетный метод 3, являясь достаточно трудоемким, позволяет учесть реальные условия твердения самонапряженного элемента. Кроме того, с его помощью можно определить параметры напряженно-деформированного состояния не только к моменту стабилизации процесса расширения, но и на всем этапе твердения напрягающего бетона.

#### Список цитированных источников

1. Бетонные и железобетонные конструкции из напрягающего бетона: ТКП 45-5.03-158-2009 / Министерство архитектуры и строительства РБ. – Минск: Минстройархитектуры, 2010. – 28 с.

2. Марчук, В.А. Деформации и собственные напряжения несимметрично двухосно армированных плоских элементов из напрягающего бетона на стадии его расширения: дис. ... канд. техн. наук 05.23.01 / В.А. Марчук. – Брест, 2002. – 176 с.

3. Early Age Deformation and Resultant Induced Stress in Expansive High Strength Concrete / I. Hidetoshi [et. al]. – Journal of Advanced Concrete Technology, 2004. – Vol.2, № 2. – P. 155-174.

4. Михайлов, В.В. Плоские самонапряженные конструкции / В.В. Михайлов, В.С. Гершвальд // Исследования и применение напрягающего бетона и самонапряженных конструкций: сб. тр. / НИИЖБ; под науч. ред. В.В. Михайлова. – М., 1984. – С. 62-67.

## КАРКАСНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

В Республике Беларусь активно ведётся строительство индивидуальных жилых зданий. Имеются различные способы возведения стен: каркасные из деревянных и металлических элементов, из брёвен и брусьев, из двойного бруса, кирпичные, из газосиликатных блоков, в несъёмной опалубке из ЦСП и т. д.

Каркасные дома — это быстровозводимые технологии в строительстве, они имеют некоторые конкурентоспособные показатели по сравнению с деревянными, кирпичными, домами из газо- и пенобетона. Основой всей быстровозводимой конструкции дома является каркас из дерева или из металла.

Каркас складывается из верхней и нижней обвязки, вертикальных стоек с укосинами, пространство между ними заполняется теплоизоляцией, защищённой пароизоляцией и гидроизоляцией, затем идет внешняя и внутренняя обшивка, далее — облицовка.

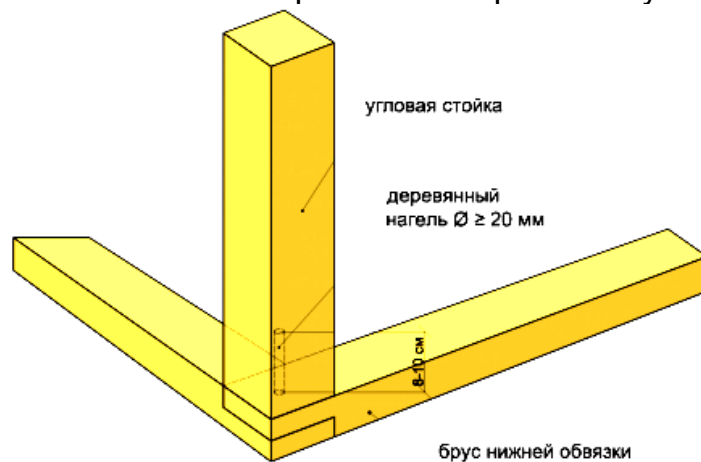
Брус нижней обвязки укладывается на фундамент, по которому предварительно выполнена гидроизоляция. Оклейка гидроизоляция в два слоя укладывается непосредственно перед укладкой бруса нижней обвязки. Если её уложить и оставить непокрытой на некоторое время, то она может повредиться.

Между собой по длине и в углах брусья нижней обвязки стыкуются «вполдрева» или «вполулапу».

В место стыка брусьев устанавливается анкер, который в свою очередь крепит брус нижней обвязки к фундаменту, либо гвоздь длиной не менее 150 мм, либо деревянными нагелями в просверленное отверстие.

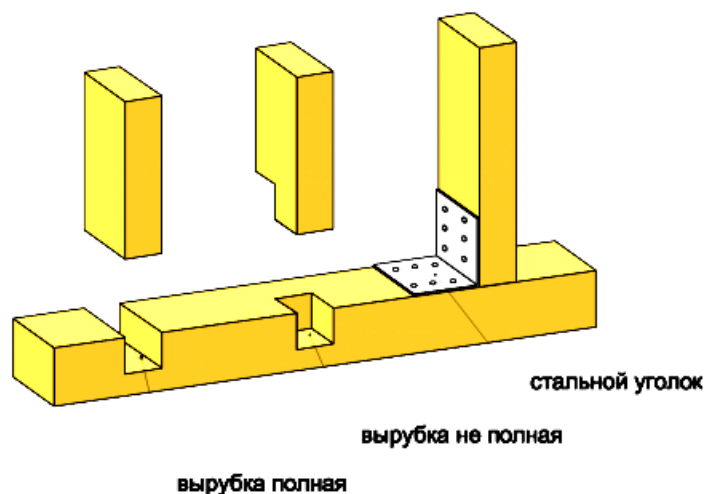
К фундаменту брусья нижней обвязки крепятся с помощью шпилек, установленных в процессе бетонирования фундамента, и гаек, либо анкерными болтами диаметром 16 мм. Анкер должен заходить в фундамент на глубину не менее 100 мм. Шаг креплений 1–1,2 м.

Первыми по нижней обвязке устанавливаются маячные угловые стойки каркаса. Если брус нижней обвязки на углах соединяется гвоздём или анкером, то угловые стойки следует крепить к нижней обвязке стальными уголками, желательно усиленными. При креплении на углах обвязки нагелем остаются их вертикальные выпуски 8–10 см, на них и надеваются стойки, в которых в нижнем торце высверливается отверстие по диаметру нагеля и на 1–1,5 см длиннее выпуска нагеля (рис.1). Угловые стойки временно закрепляют укосинами.



**Рисунок 1 – Крепление угловой стойки нагелем**

Далее устанавливают рядовые стойки на нижней обвязке методом врубки по разметке (полная врубка или врубка вполдрева), либо с помощью оцинкованных стальных уголков и саморезов, что проще, быстрее и брус нижней обвязки остается цельным, так как врубки его ослабляют (рис. 2).

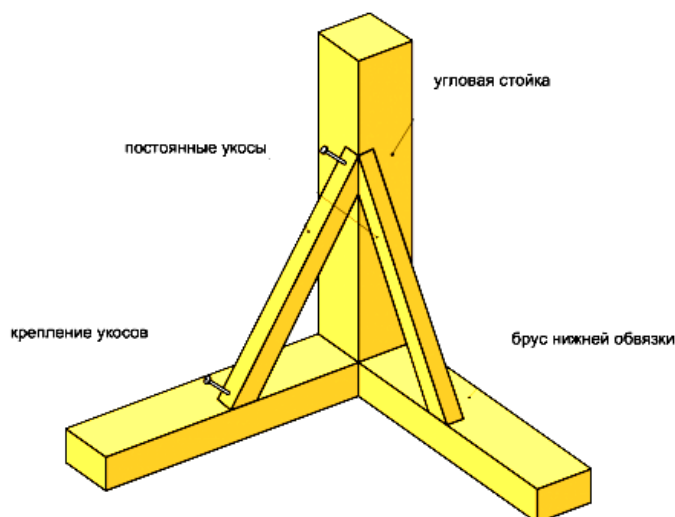


**Рисунок 2** – Крепление рядовых стоек каркаса к брусу нижней обвязки

Вертикальные стойки следует раскреплять временными укосинами. Можно устанавливать две короткие укосины на каждую стойку или же длинную укосину на три стойки и более. Они нужны для того, чтобы соединение «стойка — нижняя обвязка» не расшаталось до момента закрепления верхней обвязки и постоянных укосин. После этого устанавливают верхнюю обвязку.

На углах брусья верхней обвязки стыкуются при помощи врубки. К вертикальным стойкам каркаса брус верхней обвязки крепится тем же способом, что и для крепления стоек к нижней обвязке.

Для придания каркасу пространственной жесткости, устойчивости к ветровым и другим нагрузкам, его необходимо укрепить диагональными связями — укосами. На данном этапе нужно обязательно проверить все диагонали и вертикали, чтобы вовремя ликвидировать возможные искривления каркаса. Затем каждая стойка закрепляется четырьмя укосинами (две снизу и две сверху) (рис. 3). Временные укосы демонтируются.



**Рисунок 3** – Крепление постоянных укосин

Балки перекрытия устанавливаются по верхней обвязке и закрепляются при помощи перфорированных стальных кронштейнов; при помощи стальных уголков; методом вырубки.

При взведении деревянных каркасов предпочтительно использовать цельный, не клеёный брус. В этом случае дом будет долговечнее. Использовать лучше древесину технической сушки, тогда стойки не будут деформироваться. Но установку каркаса следует вести быстрыми темпами в сухую погоду. Немедленно после монтажа установить кровлю, можно временную.

Толщина утеплителя в стенах (минеральной ваты) для климатических условий Республики Беларусь должна быть не менее 200 мм. Следует применять брус сечением 100×150 мм. Утеплитель закладывать в 2 слоя: первый слой 150 мм, после, с внутренней стороны по стойкам прибить горизонтальные бруски и между ними уложить второй слой утеплителя, перекрывая швы в первом. С внутренней стороны утеплителя следует закрепить пароизоляционную плёнку, с наружной — ветрозащитную гидроизоляционную мембрану. С наружной стороны здания наилучшим вариантом является вентилируемый фасад. С внутренней стороны предпочтительна двухслойная облицовка гипсокартонными листами. Этот экологически чистый материал устанавливается по каркасу, в прослойке устанавливаются коммуникационные системы, что позволяет в случае ремонта легко их вскрыть.

Здания на деревянном каркасе относительно дешёвы, легко модернизируются, при качественном выполнении работ и качественных материалах долговечны, что подтверждается при вскрытии зданий, построенных в 50–60-х годах, где обнаруживают неповрежденные брусья, утеплитель.

#### **Список цитированных источников**

1. Каркасный дом. Технология строительства каркасного дома. Часть II [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.builderclub.com/statia/karkasny-dom-tehnologiya-stroitelstvarkasnogo-doma-chast-ii>
2. Вскрытие показало: что представляет собой каркасный дом через 40 лет. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://realty.tut.by/news/building/541984.html>
3. Как строят каркасные дома норвежцы и чем скандинавский каркас лучше белорусского. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://realty.tut.by/news/building/541533.html>
4. Топ-5 ошибок при строительстве каркасного дома. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://realty.tut.by/news/building/537699.html>

УДК 69:658.5

**Воробей А.П., П-331**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Срывкина Л.Г.**

## **К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТОИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ**

Целью настоящей работы является анализ применяемых в Республике Беларусь методов определения стоимости проектных работ и усиление внимания к проблеме адекватной оценки стоимости труда разработчиков проектной документации.



Анализ нормативно-методических источников за последние двадцать пять лет [1–6] позволяет выделить **следующие принципиальные подходы** к определению стоимости разработки документации проектного обеспечения строительной деятельности:

1) в зависимости от натуральных показателей объектов проектирования (общей площади, строительного объема и т. п.);

2) в зависимости от стоимости строительства (строительно-монтажных работ — СМР) по итогу глав 1–7 сводного сметного расчета.

Сборник цен на проектные работы [1], разработанный Госгражданстроем СССР и введенный с 1 апреля 1987 г., предусматривал определение цен на проектные работы в зависимости от натуральных показателей объектов проектирования и содержал большое количество разделов в соответствии с многообразием объектов и видов проектных работ. Этот Сборник применялся в Республике Беларусь до 1998 г., до начала процесса замены отдельных его разделов на национальные нормы.

С 1 октября 1998 г. вводятся в действие строительные нормы — СНБ 1.02.06-98 «Порядок определения стоимости разработки проектной документации в строительстве» [2]. Они сначала значительно упрощают методику расчета. Определение стоимости основных проектных работ осуществляется в процентах от стоимости строительства (для объектов жилищно-гражданского назначения) или стоимости СМР (для объектов промышленного назначения, инженерного обеспечения, улиц и автомобильных дорог общего пользования), рассчитанной в ценах на 1 января 1991 г. по итогу глав 1-7 сводного сметного расчета стоимости строительства. Результат расчета в базисных ценах 1991 г. отражается в сводном сметном расчете, а для формирования договорной цены на разработку документации предусматривается применение индексов изменения стоимости проектных работ, централизованно устанавливаемых Минстройархитектуры Республики Беларусь. Строительные нормы СНБ 1.02.06-98 издаются в небольшом сборнике (около двух десятков страниц). Никаких отдельных нормативов по видам объектов проектирования для определения стоимости основных проектных работ не требуется. Стоимость дополнительных работ, не учтенных в базовой цене, определяется по трудовым затратам или по соответствующим ценникам, разработанным для этих видов работ.

Несмотря на техническую простоту реализации, методика подвергается критике за зависимость стоимости проектных работ от стоимости строительства и, соответственно, необъективность: проектные организации зачастую заинтересованы в росте сметной стоимости строительства. В СНБ 1.02.06-98 вносятся многочисленные изменения (всего их семь), в результате чего нормативный документ совершенно преобразуется. Теперь он предусматривает определение стоимости основных и ряда дополнительных проектных работ для определенной номенклатуры зданий, сооружений и видов работ уже не в процентах от стоимости строительства, а по базовым ценам на 1 января 2005 г., установленным в зависимости от натуральных показателей объектов проектирования (площади, объема и т. д.). Стоимость дополнительных проектных работ, не нашедших отражение в базовых ценах, рекомендуется определять по трудозатратам на их выполнение или в процентах от стоимости разрабатываемой проектной документации. При этом порядок определения стоимости проектных работ для зданий, сооружений и отдельных видов работ, для которых базовые цены не разра-

ботаны, остается прежним. В сводном сметном расчете в соответствии с действовавшей методикой стоимость разработки проектной документации отражается в ценах 1991 г. путем деления на соответствующие индексы изменения стоимости проектных работ.

Таким образом, новая упрощенная методика существует относительно недолго — до марта 2005 г., когда фактически происходит возврат к практике, существовавшей в Советском Союзе, — определению стоимости проектных работ преимущественно в зависимости от натуральных показателей проектируемых объектов. Впоследствии номенклатура объектов, охваченных базовыми ценами, расширяется, и формируются отдельные Сборники базовых цен в соответствии с отраслевой принадлежностью объектов.

В дальнейшем можно выделить следующие этапы в эволюции определения стоимости разработки проектной документации:

- применение Сборников базовых цен (СБЦ);
- применение Сборников цен (СЦ), в которых цены на разработку документации приведены по состоянию на текущий год;
- применение Сборников норм затрат трудовых ресурсов (СНЗТ).

С 1 января 2008 г. происходит переход на новую сметно-нормативную базу в строительстве — ресурсно-сметные нормы в базисных ценах на 1 января 2006 г. (РСН-2006). В области определения стоимости разработки проектной документации также вводится новая методика — Сборники базовых цен на разработку градостроительной документации, выполнение комплексных научных изысканий по недвижимым историко-культурным ценностям и документации проектного обеспечения инвестиционного процесса в строительстве (СБЦ-2008) и указания по их применению [3]. Базовые цены установлены по состоянию на 1 января 2006 г. и отражены в двух десятках сборников по видам объектов проектирования. Для перехода к стоимости в текущем уровне цен применяются индексы изменения стоимости проектных работ. Нормативная база заметно разрастается и усложняется. Определение стоимости разработки документации проектного обеспечения предусматривается одним из трех методов в зависимости от наличия или отсутствия объекта проектирования в соответствующем СБЦ-2008, величины натурального показателя, вида инвестиционного процесса (возведение, реконструкция, реставрация, ремонт):

- в зависимости от натуральных показателей объектов проектирования;
- в зависимости от общей стоимости строительства для объектов жилищно-гражданского назначения; от стоимости СМР для объектов промышленного назначения, инженерных коммуникаций;
- в зависимости от трудозатрат проектной, научно-проектной, изыскательской организации.

Порядок определения стоимости дополнительных работ и услуг, не нашедших отражения в стоимости основных проектных работ, регламентируется положениями конкретных СБЦ.

Методические рекомендации о порядке определения стоимости проектных и изыскательских работ [4], введенные в действие с 1 мая 2011 г., отражают, по сути, аналогичную методику. В Сборниках базовых цен СБЦ-2011 приведена стоимость основных проектных работ по состоянию на 1 января 2006 г. Стоимость дополнительных проектных работ и услуг определяется по соответствующим

щим Сборникам базовых цен или на основании фактических трудозатрат с использованием отдельных методических рекомендаций [5].

Таким образом, вплоть до 2012 г. определение стоимости проектных работ осуществляется на основании норм в базисных ценах (1991 г., 2006 г.). Рассчитанные показатели отражаются в сводных сметных расчетах стоимости строительства. Затем производится пересчет в уровень текущих цен при заключении договора посредством применения индексов изменения стоимости проектных работ.

Согласно Указу Президента Республики Беларусь от 11 августа 2011 г. № 361 [6] осуществляется широкомасштабный переход к ресурсному методу при ценообразовании в строительстве, в соответствии с которым сметная документация разрабатывается в текущих ценах на основании нормативов расхода ресурсов в натуральном выражении.

В соответствии с этим меняется подход и к определению стоимости разработки проектной документации. Основным отличием Методических рекомендаций [7] и новых Сборников цен на разработку документации проектного обеспечения архитектурной, градостроительной и строительной деятельности (СЦ-2012), утвержденных постановлением Минстройархитектуры Республики Беларусь от 21 марта 2012 г. № 11, является применение цен по состоянию на текущий год – 2012 г., 2013 г., то есть Сборники цен ежегодно пересматриваются. Но и этот подход не лишен недостатков:

- на первое января текущего года новые сборники традиционно отсутствуют (они появляются к апрелю), Минстройархитектуры утверждает коэффициенты, которые должны применяться к показателям старых сборников до момента их переработки; это вносит определенный дискомфорт в работу тех, кто осуществляет расчет стоимости проектных работ;

- систематическая переработка большого количества нормативов является трудоемкой задачей и требует соответствующей оплаты;

- в течение всего года действует одна цена на проектные работы — и в январе, и в декабре; рост цен в экономике не учитывается;

- применение Сборников цен в целом не вполне соответствует концепции ресурсного метода ценообразования, в котором исходным пунктом расчета являются нормативы расхода ресурсов на выполнение определенной работы (в данном случае — нормативы затрат труда разработчиков проектной документации).

С учетом вышесказанного с 1 июля 2014 г. вводятся в действие Методические указания о порядке определения стоимости разработки документации проектного обеспечения строительной деятельности ресурсным методом [8] и Сборники норм затрат трудовых ресурсов (СНЗТ-2014) по видам объектов проектирования. Новшеством является то, что в зависимости от натуральных показателей объектов проектирования или сметной стоимости строительства определяются не стоимостные показатели, а затраты труда на разработку проектной документации и выполнение сопутствующих работ. Далее с учетом усложняющих и упрощающих факторов и условий проектирования, разрабатываемых разделов, стадий проектирования, стоимости, приходящейся на один человеко-день работы исполнителя соответствующего разряда, и других показателей рассчитывается стоимость разработки проектной документации.

Имея фиксированные нормативы трудозатрат в человеко-днях и методику расчета стоимости работ, приходящихся на один человеко-день с учетом уровня цен, сложившихся в экономике, можно получить более объективную оценку стоимости разработки проектной документации. Но в любом случае актуальной

является проблема адекватности самих нормативов реальным затратам труда.

В ходе настоящей работы выполнено сопоставление расчетов с использованием Сборников цен СЦ 20-2012, СЦ 2-2012 и методических рекомендаций [7] с расчетами по Сборникам норм затрат трудовых ресурсов СНЗТ 20-2014 и СНЗТ 2-2014 и методическим указаниям [8]. Для приведения показателей в сопоставимый вид использованы статистические индексы цен по данным Национального статистического комитета и прогнозные индексы цен в строительстве на 2017 год, утвержденные Министерством экономики Республики Беларусь. Дата начала проектирования — январь 2017 года, принятая продолжительность проектирования — три месяца (условно). Результаты расчета представлены в таблице 1.

**Таблица 1** – Сравнение результатов расчета стоимости основных проектных работ

Снижение (-) / увеличение (+) стоимости при переходе от СЦ-2012 к СНЗТ-2014, %			
для жилых домов		для промышленных зданий основного назначения без мостовых кранов	
крупнопанельных, общей площадью 1 000 – 25 000 м <sup>2</sup>	кирпичных, общей площадью 1 000 – 15 000 м <sup>2</sup>	одноэтажных, строительным объемом 500 – 500 000 м <sup>3</sup>	многоэтажных, строительным объемом 2 500 – 500 000 м <sup>3</sup>
1	2	3	4
- 7,79...17,32	- 13,66...19,92	+ 92,39...152,74	+ 24,98...179,10

Анализ показателей таблицы 1 свидетельствует о сокращении стоимости проектных работ для жилых домов и значительном увеличении для промышленных зданий при переходе к нормативной базе СНЗТ-2014. В целом такие тенденции являются положительными. В стране значительное внимание уделяется снижению стоимости жилья. При этом жилищное строительство является массовым, преобладающим в общей структуре инвестиций в основной капитал. Проектные решения, реализуемые при строительстве жилья, достаточно хорошо отработаны, в этой области накоплен значительный опыт, что содействует объективному сокращению затрат труда разработчиков проектной документации.

Для промышленных зданий при расчете показателей в таблице 1 не учтены коэффициенты технической сложности проектирования по видам экономической деятельности. Их применение несколько нивелирует рост стоимости проектных работ, так как в СНЗТ-2014 для некоторых объектов произошло снижение соответствующих коэффициентов (например, для химического производства и производства нефтепродуктов с 1,67 до 1,60). Но в любом случае нормативная стоимость разработки проектной документации для строительства промышленных зданий существенно выросла, и это должно стимулировать разработчиков проектной документации к повышению квалификации, освоению новых технологий проектирования, повышению качества разработки документации.

#### **Список цитированных источников**

1. Сборник цен на проектные работы для строительства : приказ Государственного комитета СССР по гражданскому строительству и архитектуре при Госстрое СССР, 31 марта 1987 г., № 103. – Введ. 01.04.1987.

2. Порядок определения стоимости разработки проектной документации в строительстве: СНБ 1.02.06-98. – Введ. 01.10.1998. – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 1998. – 22 с.

3. Об утверждении и введении сборников базовых цен для определения стоимости разработки проектной документации : приказ Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 10 дек. 2007 г., № 404. – Введ. 01.01.2008.

4. Методические рекомендации о порядке определения стоимости проектных и изыскательских работ / Министройархитектуры Респ. Беларусь. – Минск : Белстройцентр, 2011. – 36 с.

5. Методические рекомендации по определению стоимости проектных и изыскательских работ, выполняемых проектными организациями Республики Беларусь, на основании трудовых затрат / Министройархитектуры Респ. Беларусь. – Минск : Белстройцентр, 2011. – 18 с.

6. О совершенствовании порядка определения стоимости строительства объектов и внесении изменений в некоторые указы Президента Республики Беларусь : Указ Президента Респ. Беларусь, 11 авг. 2011 г., № 361. – Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2011. – № 93. – 1/12766.

7. Методические рекомендации о порядке определения стоимости разработки документации проектного обеспечения архитектурной, градостроительной и строительной деятельности : пост. Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 21 марта 2012 г., № 11.

8. Методические указания о порядке определения стоимости разработки документации проектного обеспечения строительной деятельности ресурсным методом : НЗТ 8.01.00-2014. – Введ. 01.07.2014. – Минск : Министройархитектуры Респ. Беларусь, 2014.

УДК 339.594:69(476.7)

**Воробей А.П.**

**Научный руководитель: доц. Черненко С.В.**

## **ЭКСПОРТ СТРОИТЕЛЬНЫХ УСЛУГ ПО БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА 2016 ГОД**

Одним из ключевых показателей эффективности работы области и регионов является экспорт услуг. Удельный вес экспорта строительных услуг в общем объеме экспорта услуг в 2016 году составил 10,6%. При этом удельный вес строительного комплекса в ВРП области составил 7,4%.

Результаты работы строительного комплекса области по экспорту строительных услуг выглядят следующим образом:

— задание на 2016 год по экспорту услуг, доведенное постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 16.06.2016 г. № 469, в объеме 11,8 млн долл. США коммунальными и безведомственной подчиненности строительными организациями области выполнено на 153,5%. Выполнение составило 18,109 млн долл. США;

— темп роста по данному показателю в 2016 году по коммунальными и безведомственной подчиненности строительными организациями составил более 150%;

— объем строительных услуг, оказываемых за пределами республики, вырос на 7,9%. Расширена география экспорта строительных услуг. В 2016 году строители области работали как в странах ближнего, так и дальнего зарубежья;

— успешной в 2016 году была работа по развитию экспорта услуг, проводимая единственным в области предприятием крупнопанельного домостроения КУП «Брестжилстрой», объем экспорта строительных услуг которого составил 5,2 млн долл. США, Экспорт выполнялся как при строительстве жилых домов, возводимых при технико-экономической помощи Китая, так и работая за пределами Республики Беларусь. Предприятию удалось наладить экспорт своего строительного продукта с высокой добавленной стоимостью;

— основной вклад в выполнение задания внесли организации Брестской области без ведомственной подчиненности (малый бизнес) — 10,4 млн долл. США (удельный вес в общем объеме — 57,5%);

— ни одна из организаций, подведомственных Министерству архитектуры и строительства не выполнила предусмотренные бизнес-планами показатели по экспорту строительных услуг.

По итогам работы за 2016 год в целом по области с учетом подрядных организаций республиканской собственности экспорт строительных услуг составил 38,1 млн долл. США (темп роста 87,2%). По объему экспорта строительных услуг область занимает в республике V место; по объему работ, выполненных за пределами республики, — только VI место, всего 1% от всего объема подрядных работ.



**Рисунок 1** – Динамика экспорта строительных услуг по Брестской области за 2012–2016 гг. (млн долл. США).

Объем экспорта строительных услуг на одного среднесписочного работника, занятого в строительстве, составил по итогам 2016 года 1 730 долл. США на человека; за пределами республики — 232 долл. США. Это 6-е место по республике. Для сравнения, в Гродненской области эти показатели составили 4 009 и 241 долл. США; Гомельской 2 960 и 863 долл. США.

Снижение темпов роста экспорта строительных услуг произошло из-за уменьшения объемов услуг, оказанных нерезидентам Республики Беларусь на территории страны. Объем строительных услуг, оказанных на территории Республики Беларусь снизился на 15,3% и составил 33,0 млн. долл. США.

В первую очередь снижение произошло за счет уменьшения объемов работ, выполняемых организациями области, и в первую очередь ОАО «Строительный трест № 8» на строительстве Белорусской АЭС на 11,8 млн долл. США.

Основной объем — 86,6% экспорта строительных услуг оказано в республике нерезидентами Республики Беларусь и только 13,4% экспорта осуществлено за ее пределами.

В 2016 году экспортные операции по оказанию строительных услуг осуществлялись с резидентами 11 стран мира. 97,0% строительных услуг пришлось на 3-х основных торговых партнеров — Российская Федерация, КНР, Литва.

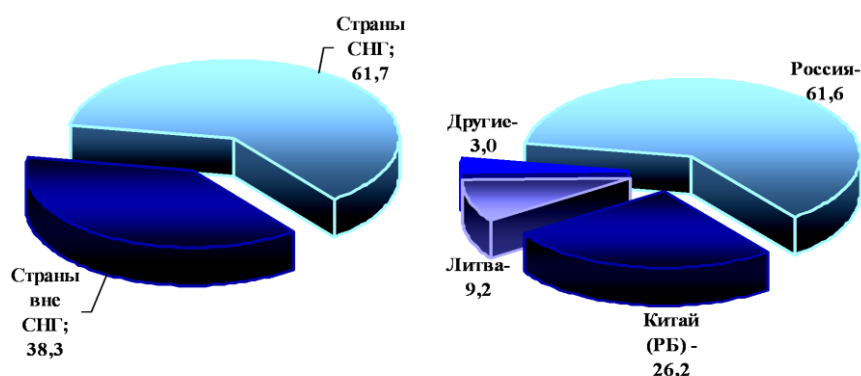
Объем строительных услуг, оказанных субъектам Российской Федерации, составил 23,6 млн долл. США, темп роста — 66,0%, удельный вес — 61,6% и состоит из 2-х составляющих:

— работы, выполняемые на строительстве Белорусской АЭС — 19 млн долл. США;

— работы в регионах Российской Федерации — 4,3 млн долл. США.

Объем строительных услуг, оказанных субъектам КНР, составил 10 млн долл. США, удельный вес — 26,2%. Экспорт осуществлялся только на территории республики.

Объем строительных услуг, оказанных субъектам Литвы, составил 3,5 млн долл. США, удельный вес — 9,2%.



**Рисунок 2 – Структура экспорта строительных услуг за 2016 год в разрезе стран**

Объем строительных услуг, оказываемых за пределами республики, вырос на 7,9% и составил 5,1 млн долл. США. В целом для строительных организаций области именно это направление экспорта является приоритетным на 2017 – 2020 годы.

Основной торговый партнер наших подрядных организаций при работе за пределами республики — Российская Федерация. За 2016 год экспорт строительных услуг, оказанный в Российской Федерации, составил 4,3 млн долл. США (удельный вес — 84,3%). Основные регионы Российской Федерации, в которых работали подрядные организации области: г. Москва, Московская, Тульская, Калининградская, Свердловская, Волгоградская, Архангельская, Сахалинская области.

В 2016 году снизились объемы подрядных работ, снижен темп экспорта, сократилась численность, заработная плата. Работая за пределами Беларуси, есть возможность нарастить объемы подрядных работ, сохранить трудовые коллективы и, наконец, наработав определенный опыт, закрепиться на внешних рынках подрядных работ.

Вместе с тем при экспорте строительных услуг имеется ряд проблемных вопросов. В частности в Российской Федерации:

— российская сторона изначально настаивает на оплате по факту выполнения работ без авансов и предоплат, что приводит к возникновению проблемной внешней дебиторской задолженности;

— занижение расценок на прогнозируемые к выполнению строительномонтажные работы; первоначальные договоренности с российскими заказчиками зачастую расходятся с реальными условиями работы на объекте. Фактические объемы работ значительно уменьшаются, вместо определенных видов работ предлагаются к выполнению низкооплачиваемые работы;

— между регионами Российской Федерации существуют различия в требованиях к строительству, сложившихся ценах и расценках, наличию региональных строительных норм;

— отсутствует возможность гибко реагировать на любые трудности, возникающие у российской стороны;

— учитывая специфику строительного производства, организации несут значительные издержки, связанные с перебазировкой кадров, оснастки, организацией строительного процесса, обеспечением условий проживания.

Для получения возможности работать с крупными государственными заказчиками Российской Федерации организациям необходимо вступление в саморегулируемые организации СРО. Это является основным направлением деятельности по обеспечению экспорта. В настоящее время членами СРО являются все крупнейшие подрядные организации области.

Экспорт строительных услуг в 2016 году сводился, как правило, за исключением организаций крупнопанельного домостроения, к вывозу только рабочей силы. Опыт работ подрядных организаций области за пределами республики показывает низкую экономическую эффективность работы на субподряде у зарубежных компаний.

При больших трудозатратах, в конечном итоге, в объем экспорта строительных услуг, в доход организации и объем подрядных работ включается лишь заработная плата за выполненные виды работ (в редких случаях компенсация за эксплуатацию машин и механизмов). Объем работ, идущий за счет экспорта, составляет в таких случаях порядка 20–25% от аналогичного объема работ, выполненного в республике при выполнении полного комплекса работ по объекту.

Одним из направлений для минимизации затрат на объектах Российской Федерации - создание строительными организациями области обособленных подразделений (филиалов) в российских регионах.

На сегодня видно, что количество экспортных объектов на территории Республики Беларусь сокращается. Учитывая, что программа развития экспорта рассчитана до 2020 года, единственная возможность ее выполнения — это наращивание объемов за пределами страны.

#### **Список цитированных источников**

1. Белорусский комитет по статистике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://belstat.gov.by> – Дата доступа: 26.02.2017.

2. Итоги работы строительного комплекса Брестской области. Статистический сборник Брестской области. – Брест, 2016.

3. Инвестиции и строительство в Республике Беларусь. Статистический сборник – Минск, 2016.

УДК 624.012

**Горбат Я.В., Лизогуб А.А.**

**Научный руководитель: к.т.н. Тур А.В.**

### **РАСЧЕТ ПЛОСКИХ МОНОЛИТНЫХ ДИСКОВ ПЕРЕКРЫТИЯ С ПОМОЩЬЮ СЕТОЧНОГО МЕТОДА**

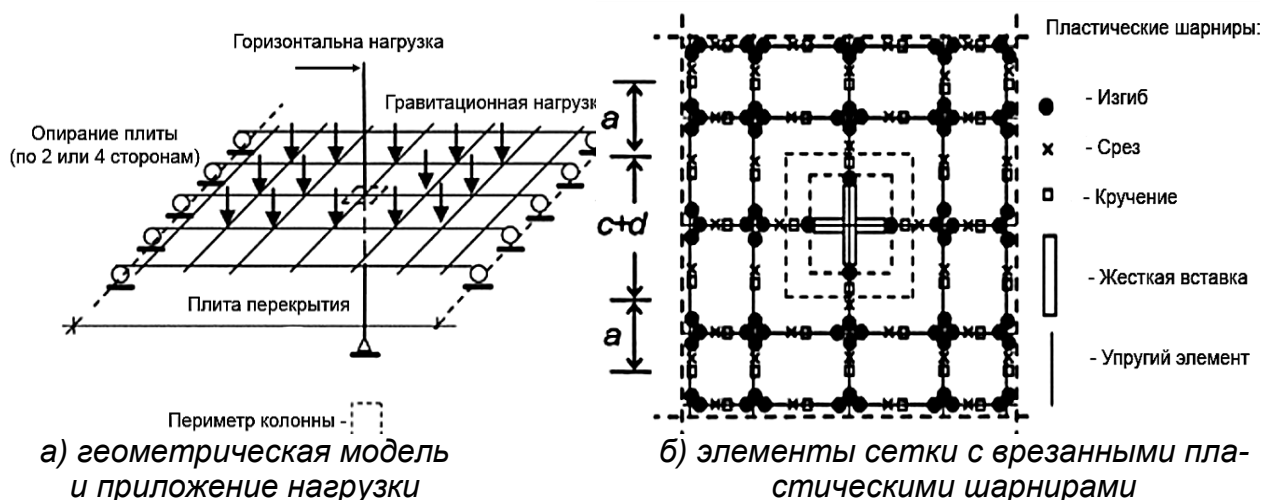
**Введение.** В настоящее время все больше внимания уделяется вопросам, связанным с нелинейным поведением конструктивных систем в различных расчетных ситуациях. В связи с этим достаточно остро встала проблема адекватного выполнения таких расчетов. Это относится как к описанию свойств материалов при расчете, так и при описании самой расчетной схемы и степени ее идеализации.



При расчете плоских дисков перекрытия особую сложность вызывает описание и врезка линейного пластического шарнира. Для выполнения нелинейного расчета таких плит был выбран метод сеток [1], в котором основные параметры сетки разбиения, жесткостные характеристики и свойства пластических шарниров должны быть скорректированы в соответствии с действительной работой системы.

Цель нашей работы состоит в том, чтобы применить модель сетки [1] для нелинейного статического анализа монолитной плоской плиты. Рассматриваемая модель описывает линейное поведение плоских плитных конструкций. Пластическая реакция конструкции сосредоточена в точечных шарнирах, введенных в балочные конечные элементы, которые моделируют реакции при изгибе, кручении и сдвиге. Этот тип модели позволяет оценивать внутренние воздействия на стыки «плита–колонна». Описание их нелинейного поведения позволяет оценить полную реакцию конструкции. В частности, можно оценить надежность соединений в отношении продавливания и конструктивной деформативности.

**Основные положения сеточного метода.** Плита моделируется сеткой из стержневых конечных элементов, закрепленных в узлах, расположенных в двух ортогональных направлениях (рисунок 1, а). Колонны моделируются двумя стержневыми элементами — один сверху и один под плитой. Стержневые конечные элементы воспринимают эффекты от изгиба, кручения, осевой и сдвиговой деформации. Каждый узел обладает шестью степенями свободы.



**Рисунок 1 – Сеточная модель плиты**

Элементы сетки работают по линейно-упругой модели. Нелинейную работу описывают с помощью врезки в узлы этих элементов пластических шарниров, которые моделируют изгиб, срез и кручение в пластической стадии. Два главных изгибных шарнира расположены на концах элемента, где достигается максимальный изгибающий момент. Шарнир кручения и шарнир сдвига расположены в центре, так как сдвиг и кручение постоянны на всей длине элемента сетки (рисунок 1, б).

Шаг сетки должен быть достаточно густым рядом с колоннами, чтобы получить хорошее приближение влияния нагрузки на плиту, так как в этих зонах существует концентрация напряжений. Элементы сетки могут быть расставлены с большим шагом в других местах.

Жесткие вставки с длиной равной поперечному сечению колонны, размещены в центре сопряжения плиты с колонной (рисунок 1, б). Элементы, пересе-

кающие колонну, имеют ширину, равную  $s + d$  (где  $s$  — длина стороны колонны и  $d$  — средняя рабочая высота сечения плиты), которая является шириной критического сечения сдвига в соответствии с определением ACI 318 [2] и является такой же для кручения в поперечном направлении. Пластический шарнир сдвига врезается в каждый из этих элементов на расстоянии  $d / 2$  от торца колонны.

Изгибное нелинейное поведение сосредоточено на большей ширине, чем сдвиговое, и считается равным  $s + 3d$  согласно ACI 318 [2]. Часть его моделируется шарнирами изгиба элементов, обрамляющих колонны, а остальная часть — шарнирами соседних элементов. Что касается других элементов сетки, существуют следующие решения:

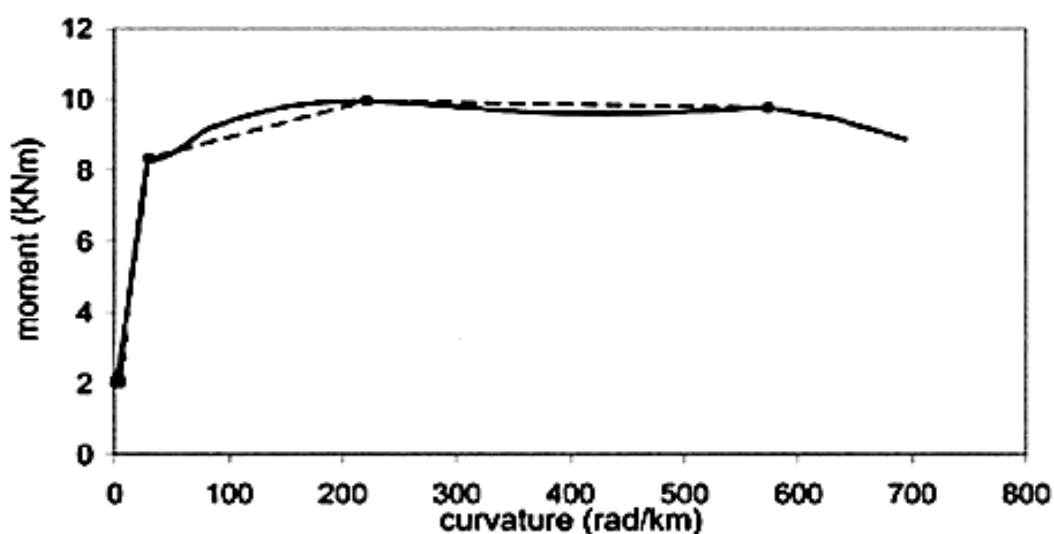
1) постоянный шаг  $s + d$  для всех элементов, что упрощает геометрию, а также определение свойств элемента;

2) постоянный шаг  $2d$ , приводящий к довольно густой сетке.

Эти два типа сеток приводят к эквивалентным результатам с точки зрения реакции всей конструкции.

Элементы сетки имеют жесткость, определенную с учетом влияния трещинообразования, по этой причине для всех элементов назначается скорректированная исходная жесткость.

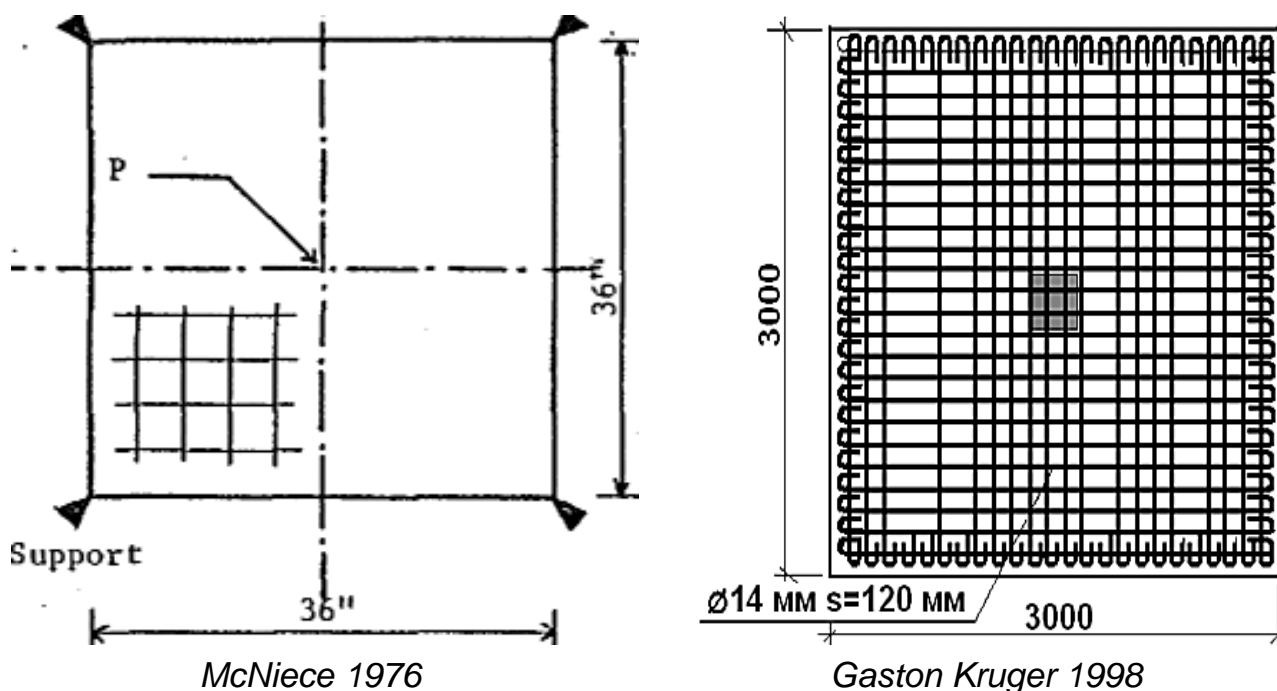
Пластический шарнир изгиба описывается упрощенной трехлинейной диаграммой «момент-кривизна» (рисунок 2). Исходными параметрами для получения аналитической зависимости «момент-кривизна» являются геометрические характеристики сечения, характеристики бетона и арматуры.



*Рисунок 2 – Аналитическая и аппроксимированная трехлинейная диаграмма «момент-кривизна»*

Полученная из расчета зависимость затем аппроксимируется трехлинейной диаграммой, которая будет представлена в качестве входных данных для модели. Длина пластических шарниров изгиба принимается равной  $d$  (рабочая высота сечения плиты). При расчете не учитывается эффект проскальзывания.

**Численный эксперимент.** Для проверки принятых предположений, при назначении параметров элементов сетки, был выполнен численный эксперимент с целью верификации полученных результатов на фоне опытных данных, полученных в экспериментальных исследованиях ряда авторов [3], [4].



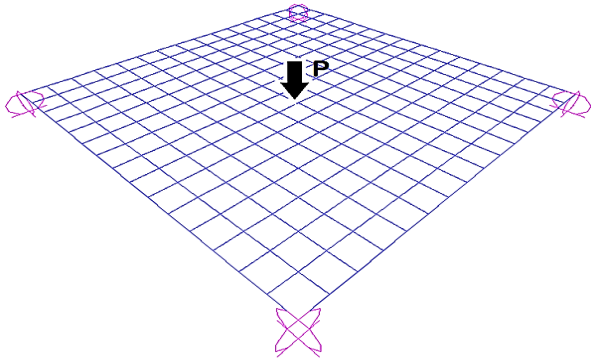
**Рисунок 3 – Схемы плит и их армирование**

Данные плиты были выбраны нами из-за характера их разрушения, так как в данном численном эксперименте нас интересует образование пластических шарниров изгиба в плоских плитах перекрытия. Основные характеристики образцов представлены в таблице 1.

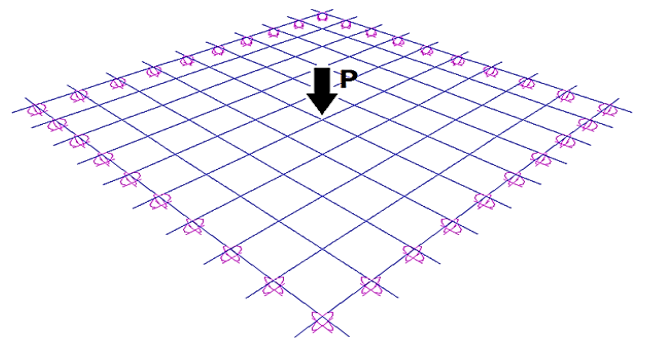
**Таблица 1 – Основные характеристики плит**

Автор	Закрепление	Нагрузка, P	Класс бетона	Класс арматуры	Продольное армирование			Поперечное армирование		
					$\rho_x, \%$	$\varnothing, \text{мм}$	шаг, мм	$\rho_y, \%$	$\varnothing, \text{мм}$	шаг, мм
McNiece [3]	Шарнирно закреплена в углах	Сосредоточенная нагрузка в центре плиты	C <sup>30</sup> / <sub>37</sub>	S400	0.85	14	120	0.85	14	120
Gaston Kruger [4]	Оперта по контуру		C <sup>35</sup> / <sub>45</sub>	S400	0.86	14	120	0.86	14	120

Моделирование плит сеточным методом выполнялось в программном комплексе SAP2000. Разбиение сетки принималось согласно правилам, описанным выше. Ширина и шаг балок принимались  $2d$ , где  $d$  — это рабочая высота сечения. Нагрузка прикладывалась в виде сосредоточенных сил в центральных узлах плит.



Плита, шарнирно закрепленная в углах, сосредоточенная нагрузка приложена в центр плиты (McNiece 1976)



Плита опёрта по контуру, сосредоточенная нагрузка приложена в центр плиты (Gaston Kruger 1998)

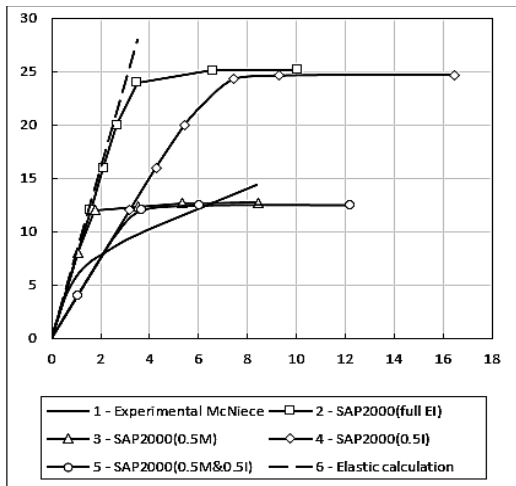
**Рисунок 4 – Сеточная модель плит в SAP2000**

Характеристики пластического шарнира изгиба описываются диаграммой «момент–кривизна», полученной аналитически с учетом средних характеристик материалов (таблица 2).

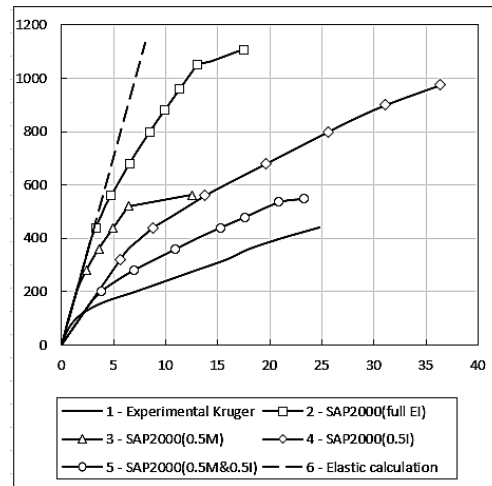
**Таблица 2 – Характеристики пластических шарниров изгиба в SAP2000**

McNiece 1976			Gaston Kruger 1998		
Характеристики пластического шарнира					
Displacement Control Parameters					
Point	Moment/SF	Curvature/SF			
E-	-340000	-0.000463	<input checked="" type="checkbox"/> Symmetric		
D-	-330000	-0.0002785			
C-	-320000	-0.000097			
B-	-320000	0			
A	0	0			
B	320000	0			
C	320000	9.700E-05			
D	330000	2.785E-04			
E	340000	4.630E-04			
Модифицированные характеристики пластического шарнира (0.5M <sub>y</sub> )					
Displacement Control Parameters					
Point	Moment/SF	Curvature/SF			
E-	-170000	-0.000463	<input checked="" type="checkbox"/> Symmetric		
D-	-165000	-0.0002785			
C-	-160000	-0.000097			
B-	-160000	0			
A	0	0			
B	160000	0			
C	160000	9.700E-05			
D	165000	2.785E-04			
E	170000	4.630E-04			
Displacement Control Parameters					
Point	Moment/SF	Curvature/SF			
E-	-10700000	-0.000114	<input checked="" type="checkbox"/> Symmetric		
D-	-10225000	-0.0000699			
C-	-9750000	-0.0000258			
B-	-9750000	0			
A	0	0			
B	9750000	0			
C	9750000	2.580E-05			
D	10225000	6.990E-05			
E	10700000	1.140E-04			

Первоначально расчету подвергалась схема с немодифицированными характеристиками жесткостей элементов сетки как в линейно-упругой стадии (диаграмма 2, рисунок 5), так и в пластической стадии работы элементов, при которой их работа осуществляется с активированными пластическими шарнирами. После сравнения диаграммы «сила-перемещение», полученной при данном расчете, с экспериментальной, было установлено значительное завышение силы, соответствующей началу пластической работы.



McNiece 1976



Gaston Kruger 1998

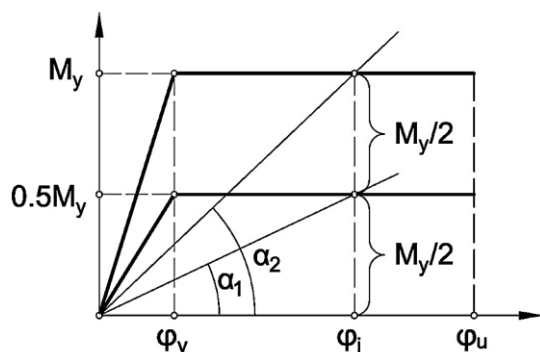
**Рисунок 5 – Диаграмма «сила-перемещение»**

Это может свидетельствовать о том, что углы поворота и, как следствие, перемещения, соответствующие началу пластической работы в немодифицированной системе, достигаются значительно позже, чем при проведении эксперимента. Это может быть связано с неадекватным описанием жесткостных параметров либо в линейно-упругой стадии, либо в пластической стадии, либо в обеих стадиях вместе.

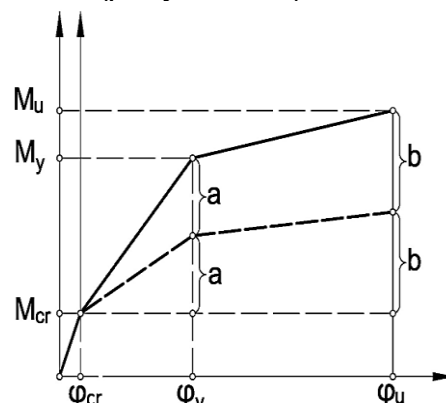
Для исследования влияния изменения жесткости в линейно-упругой и пластической стадии работы элементов были произведены расчеты с модифицированными характеристиками жесткостей элементов сетки в упругой стадии работы элементов. Как видно из полученной диаграммы 4 (рисунок 5), значение силы, соответствующей началу пластической работы элементов, не изменилось, но изменился начальный модуль упругости системы.

Это говорит о том, что изменение характеристик жесткостей в упругой стадии не приводит к адекватному описанию работы системы (рисунок 5).

Как известно, жесткостью сечения является тангенс угла наклона касательной к диаграмме момент-кривизна, т. е. в более жесткой системе тому же углу поворота будет соответствовать большее значение момента чем в менее жесткой. Таким образом, снизить жесткость в пластической стадии — это подобрать такое значение момента, при котором соответствующее ему значение угла поворота будет соответствовать реальному поведению конструктивной системы (рисунок 6, а).



а) корректировка жесткости



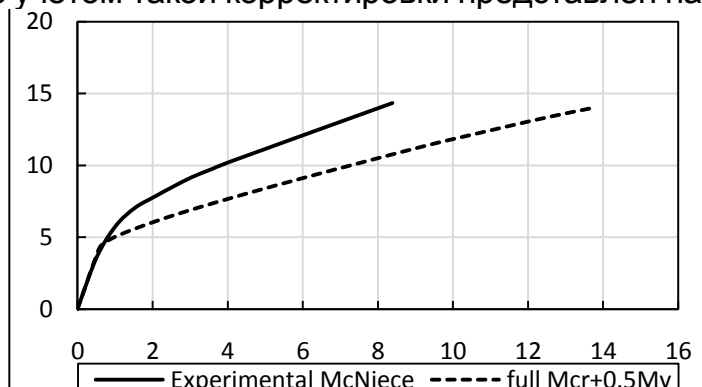
б) корректировка жесткости с учетом момента трещинообразования

**Рисунок 6 – Диаграмма «момент-кривизна»**

Так как изменение жесткости только в упругой стадии не привело к адекватному решению (диаграммы 4, 5; рисунок 5), снижаем значение момента при той же кривизне в 2 раза, тем самым снизив в 2 раза тангенс угла наклона и жесткость системы. Результат снижения жесткости системы в линейно-упругой и пластической стадиях (уменьшение момента в 2 раза) показан на диаграмме 3 (рисунок 5).

Учитывая, что упругий расчет плиты, описанный четырехугольными элементами, был выполнен без учета изменения жесткости в результате трещинообразования и показал хорошую сходимость с упругим расчетом (график 6, рисунок 5), выполненным сетками, и начальной частью экспериментальной диаграммы, можно сделать вывод о том, что до момента трещинообразования и плита, описанная сетками, и плита, описанная плитными элементами, адекватно описывает поведение системы.

Таким образом, в задании пластического шарнира необходимо заложить момент трещинообразования, и корректировку жесткости выполнять после момента трещинообразования путем уменьшения момента в два раза (рисунок 6). Результат расчета с учетом такой корректировки представлен на рисунке 7.



**Рисунок 7 – Диаграмма «сила-перемещение», полученная с учетом трещинообразования**

**Заключение.** Сравнив результаты, мы можем сделать вывод, что изменение жесткости в линейно-упругой стадии не требуется, необходима корректировка жесткости в пластической стадии.

Дальнейшее расхождение в экспериментальной диаграмме и диаграмме, полученной сеточным методом, связано с изменением жесткости после образования трещин. Данная корректировка жесткости должна быть учтена при задании свойств пластического шарнира и описания переходной части диаграммы из линейно-упругой (до образования трещин), в пластическую.

Описанная выше сеточная модель позволяет оценивать воздействия на стыки «плита-колонна». Описание их нелинейного поведения позволяет оценить полную реакцию конструкции. В частности, можно оценить надежность соединений в отношении продавливания и конструктивной деформативности.

#### **Список цитированных источников**

1. CORTI G. Grid model for the non-linear behavior of R/C flat-slab subjected to gravity and lateral loads. – 2010.
2. ACI Committee 318. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-05) and Commentary (318R-05). American Concrete Institute, Farmington Hills. – Michigan, 2005.
3. Bashur, F.K. Nonlinear model for reinforced concrete slabs / F.K. Bashur, D. Darwin – University of Kansas Center for Research, Inc., 1976.
4. Krüger, G. Punching tests on RC flat slabs with eccentric loading / G. Krüger, O. Burdet, R. Favre. // Proceedings of the 2nd Int. Ph. D. Symposium in Civil Engineering, Budapest 1998. – Proceedings of the 2nd Int. Ph. D. Symposium in Civil Engineering, Budapest 1998, 1998. – №. EPFL-CONF-111634. – С. 1–8.

## СРАВНЕНИЕ ТКП EN 1991-1-4 И СНИП 2.01.07 ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ВЕТРОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ДЫМОВЫЕ ТРУБЫ

Ветер, возникающий в атмосфере, представляет собой турбулентное движение среды, которое характеризуется чрезвычайно нерегулярным и беспорядочным изменением скорости во времени в каждой точке пространства. Мгновенное значение скорости в турбулентном потоке можно представить как результат наложения пульсационной составляющей скорости на её среднее значение. Таким образом, ветровую нагрузку следует определять как сумму **средней и пульсационной** составляющих.

При расчёте многоэтажных зданий высотой до 40 м и одноэтажных производственных зданий высотой до 36 м при отношении высоты к пролету менее 1,5, размещаемых в местностях типов А и В, пульсационную составляющую ветровой нагрузки СНИП 2.01.07 допускает не учитывать.

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки  $w_m$  на высоте  $z$  над поверхностью земли следует определять по формуле:

$$w_m = w_0 \cdot k \cdot c \quad (1)$$

Здесь  $w_0$  - нормативное значение ветрового давления, которое для Республики Беларусь равно 0,23 кПа, что соответствует базовой скорости ветра  $v_b = 19,183$  м/с (в терминологии [2]).

Нормы [2] предполагают включение турбулентной (пульсационной) составляющей ветровой нагрузки для расчета любых зданий и сооружений.

Пиковое значение скоростного напора на высоте  $z$ , включающее в себя средние и пульсационные изменения скорости ветра, определяется следующим образом:

$$q_p(z) = 1 + 7I_v(z) \times \frac{1}{2} \rho \times v_m^2(z) = c_e(z) \times q(z), \quad (2)$$

где  $c_e(z)$  — коэффициент экспозиции, учитывающий изменение скоростного напора по высоте;

$\rho$  — плотность воздуха, которая зависит от высоты над уровнем моря, температуры и барометрического давления (рекомендуется  $\rho = 1,25 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ),

$q_b$  — значение среднего (базового) скоростного напора, определяется по формуле:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (3)$$

Динамика сооружений вдоль ветрового потока учитывается в [1] коэффициентом динамичности  $\xi$  в случае, когда основная частота собственных колебаний меньше предельной частоты  $f_l$ . В нормах [2] этот момент учитывается коэффициентом  $c_s c_d$ , который может быть разделен в национальном приложении на размерный коэффициент  $c_s$  и коэффициент динамичности  $c_d$ . Однако в национальном приложении РБ к [2] это не сделано, что, на наш взгляд, не позволяет наиболее адекватно оценить физику явления. Единый конструктивный коэффициент определяется выражением:

$$c_s c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot l_v \cdot (z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot l_v \cdot (z_s)}, \quad (4)$$

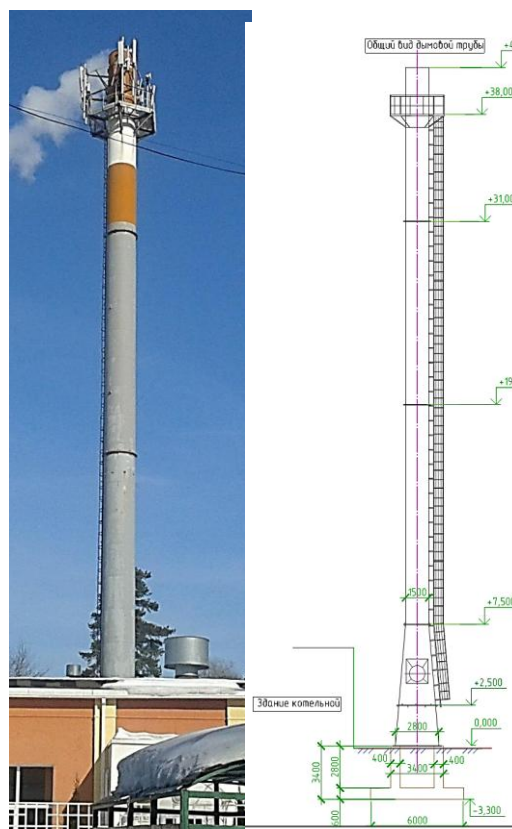
Линейная распределенная нагрузка на трубу определяется по формуле, сходной для обеих Норм. Приведем ее в записи [2]:

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} \quad (5)$$

здесь  $c_f$  — аэродинамический коэффициент. В нормах [1] и [2] он определяется почти и одинаково.

Для определения коэффициента динамичности необходимо знать частотные характеристики сооружения, которые могут быть определены в результате модального анализа, выполненного в одной из программ, реализующей МКЭ.

Для сопоставления ветровых воздействий, определенных по СНиП и ТКП EN нами были проведены расчеты стальной дымовой трубы высотой 40 м в г. Минске (рисунок 1).



**Рисунок 1** – Общий вид и схема дымовой трубы

Формы и частоты собственных колебаний, определенные при помощи вычислительного комплекса «Ли́ра-САПР», приведены в таблице 1.

**Таблица 1** – Частоты и периоды первых пяти форм собственных колебаний

Форма колебаний	Частоты $\nu$ , Гц	Периоды $T$ , сек
1	0.49	2.05
2	2.94	0.34
3	7.76	0.13
4	13.41	0.08
5	17.99	0.06



Сопоставление основных результатов расчета приведено в таблице 2.

**Таблица 2** – Сравнение результатов расчета

Параметр	СНиП 2.01.07	ТКП EN 1991-1-4	Примечание
Нормативный скоростной напор, кПа	0.23	0.28	
Базовая скорость ветра, м/с	19.8	21	
Тип местности	A	2	
К-т местности $k$ на отм. 10 м	1	1	
К-т местности $k$ на отм. 40 м	1.5	1.27	
Пульсационная составляющая без учета динамики на отм. 10 м, кПа	0.18	0.37	
Пульсационная составляющая без учета динамики на отм. 40 м, кПа	0.22	0.47	
Пиковое значение скоростного напора на отм. 10 м, кПа	0.41	0.65	
Пиковое значение скоростного напора на отм. 40 м, кПа	0.57	0.91	
К-т пространственной корреляции $c_s$	0.81	0.87	
Динамический коэффициент при основной частоте собственных колебаний — 0.49 Гц. $c_d$	1.98	2.63	
К-т, учитывающий концевой эффект	0.9	0.85	
Аэродинамический к-т бесконечного цилиндра	1.2	1.2	
Аэродинамический к-т $c_f$	1.08	1.02	
Распред. нормативная ветровая нагрузка на трубу на отм. 10 м, кН/м	1.07	2.28	2.13
Распред. нормативная ветровая нагрузка на трубу на отм. 40 м, кН/м	1.48	3.19	2.15
Распред. расчетная ветровая нагрузка на трубу на отм. 10 м, кН/м	1.49	3.41	2.31
Распред. расчетная ветровая нагрузка на трубу на отм. 40 м, кН/м	2.07	4.78	

Из таблицы 2 видно, что нормативное значение ветровой нагрузки, определенное по ТКП EN 1991-1-4 превышает нормативное значение, определенное по СНиП примерно в 2,1 раза, а расчетное значение — более чем в 2,3 раза. Это может привести к серьёзным трудностям при оценке технического состояния уже построенных конструкций.

#### Список цитированных источников

1. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07-85. – Введ. 01.01.87. – М.: ИП Госстроя СССР, 1986. – 36 с.
2. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. – Часть 1–4: Общие воздействия. Ветровые воздействия: ТКП EN 1991-1-4-2009. – Введ. 01.01.2010. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 132 с.
3. Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М.: Строиздат, 1978. – 224 с.
4. Руководство к Еврокоду 1 - Воздействия на сооружения. Разделы EN 1991-1-1-1 и с 1991-1-1-3 по 1991-1-1-7. / Х. Гульванесян, П. Формичи, Ж.-А. Калгаро при участии Джеоффа Хардинга.
5. Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 3-2. Башни, мачты и дымовые трубы. Дымовые трубы: ТКП EN 1993-3-2-2009. – Введ. 01.01.2010. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010.

## **ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА В ПРАКТИКЕ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ НЕДВИЖИМОСТИ**

Информация об объектах недвижимости является важнейшей составляющей при принятии управленческих решений. Ситуация, сложившаяся на сегодняшний день, характеризуется тем, что различные организации, структуры и ведомства эксплуатируют собственные автоматизированные информационные ресурсы, которые позволяют решать узкий круг задач, необходимый для их работы. Во многом это связано с отсутствием финансирования и высокой стоимостью работ по созданию единого информационного ресурса. Недостаток информации прежде всего ведет к принятию недостаточно обоснованных, не всегда корректных управленческих решений, что негативно сказывается на финансово-экономических показателях деятельности. Таким образом, в век всемирной информатизации управление недвижимостью, как и другие сферы, нуждаются в создании единой базы данных сведений об объектах.

В то же время сегодня сложно не заметить усиленное развитие земельно-информационных систем ЗИС и технологий. Множество предприятий внедряют ЗИС-технологии, в том числе и в области управления. Существует мнение, что около 60% информации, содержащейся в корпоративных базах данных, имеют пространственный компонент, а человек в своей деятельности использует до 70% информации, которой присуща географическая привязка. Наиболее активно данные технологии применяются в административно-территориальном управлении. Также они востребованы и в таких областях, как лесное хозяйство, дорожное и транспортное хозяйство. Земельно-информационные технологии являются мощным инструментом для управления и принятия правильных решений, позволяющим производить различного рода анализы.

Земельно-информационная система — это комплекс программно-технических средств, баз пространственно-атрибутивных данных, каналов информационного обмена и других ресурсов, обеспечивающий автоматизацию накопления, обработки, хранения и предоставления сведений о состоянии, распределении и использовании земельных ресурсов в электронном виде, в том числе средствами геоинформационных технологий [1].

При использовании новых программно-технических средств механическое перенесение традиционно сложившихся методов организации работ в области получения и обработки информации неэффективно. Поэтому их необходимо перестраивать, исходя из новых технических и технологических возможностей [2].

Состав, содержание, порядок создания и эксплуатации ЗИС в Республике Беларусь определены рядом нормативно-правовых технических актов:

1. ТКП 010-2005 (04030) Земельно-информационная система. Основные положения.
2. ТКП 012-2005 (04030) Земельно-информационная система. Порядок эксплуатации.
3. ТКП 013-2005 (04030) Земельно-информационная система. Правила заполнения формуляра Локальной ЗИС.
4. ТКП 020-2005 (04030) Земельно-информационная система. Порядок контроля и приемки работ по созданию Локальной земельно-информационной системы.

5. ТКП 055-2006 (03150) Земельно-информационная система. Порядок создания.

6. ТКП 034-2006 (04030) Земельно-информационная система. Правила построения, изложения, оформления и содержания технических отчетов о выполненных работах по созданию Локальных ЗИС.

В управлении недвижимостью, так же как и в управлении в целом, одним из самых важных факторов является не только сама информация, но и доступ к ней. Поэтому важно, когда информацию можно извлечь из любого устройства, которое находится поблизости. С развитием интернета и технологий передачи данных всё чаще и чаще самая актуальная и последняя информация находится непосредственно в интернете, поэтому критерий «наличие/поддержка онлайн-сервисов» является немаловажным.

На сегодняшний день в Республике Беларусь в области управления недвижимостью существуют несколько источников информации:

1. Интернет-ресурсы.
2. Специализированное ПО (программное обеспечение).
3. Внутренние ресурсы.
4. ЕГРНИ (Единый Государственный регистр объектов недвижимого имущества и сделок с ним).

К интернет-ресурсам можно отнести различные порталы и сайты, на которых объекты недвижимости выставлены на продажу или же сдаются в аренду. Так же на подобных ресурсах зачастую можно встретить статьи и публикации, связанные с анализом рынка недвижимости. Специализированное программное обеспечение (ПО) разнообразно. Сравнительная характеристика приведена в таблице 1.

**Таблица 1** – Сравнение ЗИС-программ [собственная разработка автора]

Программный продукт	Критерии			
	поддерживаемые устройства	Поддержка / наличие онлайн-сервисов	работа со сторонними базами данных	возможность пространственного анализа
1	2	3	4	5
ArcGIS	компьютер-сервер, мобильное устройство	есть	есть	есть
GeoMedia	компьютер-сервер	есть	есть	нет
MapINFO	компьютер-сервер	нет	да	нет
Autodesk	компьютер-сервер	есть	нет	нет
ГИС Карта 2011	компьютер-сервер, мобильное устройство	есть	нет	нет
ИнГео	компьютер-сервер	нет	нет	нет
Zulu	компьютер-сервер	есть	есть	нет

Ещё одним источником информации являются внутренние ресурсы. Сюда можно отнести абсолютно все базы данных, отчёты, данные по статистике, анализу и т. д., которые созданы внутри каждой конкретной организации.

Отдельным источником следует выделить «Единый Государственный регистр объектов недвижимого имущества и сделок с ним» (ЕГРНИ). Платный дистанционный доступ к данному ресурсу предлагает ГУП «Национальное кадастровое агентство». Дистанционный доступ к регистру недвижимости позволяет оперативно, не выходя из офиса, получать всю необходимую информацию о земельных участках, капитальных строениях, изолированных помещениях, инвентарный (кадастровый) номер недвижимости, адрес, основания регистрации прав, площадь недвижимости и другую информацию в соответствии с «Инструкцией о выписке из регистрационной книги», утвержденной постановлением Комитета по земельным ресурсам, геодезии и картографии при Совете Министров Республики Беларусь от 04.07.2003 №6).

Таким образом, несложно заметить, что различные субъекты, связанные с недвижимостью, получают информацию из источников, которые в большей степени не могут удовлетворить их спрос. Отсутствие «единого банка» информации негативно сказывается как на принятии управленческих решений, так и на развитии рынка недвижимости в целом. Создание единого информационного ресурса в значительной мере снизило бы затраты, связанные с поиском, обработкой и анализом необходимой информации.

Примером единого информационного ресурса мог бы стать проект интеграции программного комплекса ArcGIS и программного продукта NKA RH.

Интеграция ArcGIS и программного продукта NKA RH предполагает собой создание принципиально нового инструмента при управлении объектами недвижимости. Уникальность заключается не только в том, что новый продукт позволит осуществлять поиск информации по объектам недвижимости, поиск самих объектов по всевозможным критериям и параметрам, но и отображать их местоположение на карте.

Данный интеграционный продукт позволит решить практические задачи следующим группам пользователей:

1. Риэлтерские агентства. Осуществить пространственный анализ объектов купли-продажи.

2. Инвесторы. Преимущества продукта для инвестора заключаются в следующем:

— выбрать целевое назначение при поиске объектов (склады, торговые здания, спортивные, административные);

— задать параметр поиска по площади (объекты с разными площадными характеристиками не могут конкурировать между собой);

— обозначить территориально область поиска (радиус, доступность в пределе определённого количества км, конкретный район или микрорайон);

— включать в результаты поиска как абсолютно все объекты, удовлетворяющие критериям, так и объекты, имеющие определённый статус на рынке (продаётся, не продаётся, сдаётся в аренду).

3. Организации, занимающиеся эксплуатацией инженерных систем.

Земля сегодня скрывает под собой огромное количество километров инженерных сетей (газопроводы, водопроводы, канализации и прочие). Эксплуатирующие организации очень часто сталкиваются с тем, что сведения об определённой сети отсутствуют, или, того хуже, отсутствует сама сеть, которая есть в действительности. Создание общей базы данных инженерных се-

тей (с прорисовкой их на карте) могло бы облегчить их эксплуатацию. Существование таких баз давало бы и проектировщикам определённые преимущества при создании проектов, в том числе исключение ситуаций, связанных с отсутствием сведений об уже существующих сетях.

4. Другие организации. К этим организациям можно отнести суды, РОВД, налоговую инспекцию. Часто приходится сталкиваться с разными запросами из таких организаций касательно объектов недвижимости, прав на них и сделок с ними. Создание интегрированной системы позволило бы им получать необходимую информацию в короткие сроки. Например, сегодня для предоставления информации в суд либо в налоговые органы ими пишется запрос, который передаётся в агентство по государственной регистрации, после чего в нём пишется официальный ответ, который передаётся обратно. Это занимает не малый промежуток времени, тем самым увеличивая срок принятия того или иного управленческого решения.

5. Аналитики. Интеграционный продукт может стать отличным инструментом для проведения различных анализов либо для сбора статистических данных. Необходимо отметить, что анализ является очень важным инструментом, которым нельзя пренебрегать в условиях сложившегося рынка и экономической ситуации, и чем более развита экономика тем, более этот инструмент является эффективным.

6. Общество в целом. Развитие социальной инфраструктуры и общества в целом характеризуется тем, что для объектов недвижимости важными становятся характеристики, которые до недавнего времени не являлись приоритетными. Например, еще 40 лет назад такой фактор, как наличие парковки либо машино-мест не играл никакой роли при приобретении квартиры. Но уже сегодня, в связи с уплотнением застройки и увеличением количества автотранспорта, наличие достаточного числа парковок будет считаться преимуществом перед объектом-аналогом. Стоит также выделить обязательную классификацию зданий по энергоэффективности в соседних странах. Данная классификация позволяет объективно судить об энергозатратах на обслуживание здания, и при выборе объекта, например для покупки, может сыграть далеко не последнюю роль.

Так же очень актуальной является проблема безбарьерной среды. Речь идет о возможности беспрепятственного передвижения (в том числе пешком, на колясках, личном и общественном транспорте); доступа в здания и сооружения, включая жилые дома и квартиры, передвижения и деятельности внутри этих объектов, в местах отдыха и туризма, иных объектах рекреационного и оздоровительного назначения. Поскольку объекты различны по своему функциональному назначению, архитектуре, планировке, конструкции, техническому состоянию, форме собственности, территориальной и ведомственной принадлежности, то их обустройство с учетом норм безбарьерной среды является сложной задачей. Ее выполнение требует и временных затрат, и значительных финансовых ресурсов, и объединения усилий всех служб и ведомств [3].

В целом реализация мероприятий по интеграции ЗИС и программных продуктов пользователей позволит принимать достоверные и своевременные управленческие решения на основе точного пространственного анализа; а разработчикам расширить спрос на ПО путем предоставления равноуровневого платного доступа к продукту.

### **Список цитированных источников:**

1. Кодекс Республики Беларусь о земле [Электронный ресурс]: 23 июля 2008 г., № 425-3 : принят Палатой представителей 17 июня 2008 г. : одобр. Советом Респ. 28 июня 2008 г. : в ред. Закона Респ. Беларусь от 4 янв. 2014 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь, 2014. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/main.aspx?guid=6361>. – Дата доступа: 21.04.17.

2. Понятие земельно-информационные системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mydocx.ru/9-77451.html>. – Дата доступа: 13.02.16.

3. Безбарьерная среда в Беларуси будет создана по всему маршруту передвижения инвалидов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belta.by/society/view/bezbarjernaja-sreda-v-belarusi-budet-sozdana-po-vsemu-marshrutu-peredvizhenija-invalidov-164167-2015/> – Дата доступа: 05.12.16.

УДК 624.012

*Каштелян М.Э.*

*Научный руководитель: к.т.н. Шалобыта Н.Н.*

## **ОЦЕНКА УСИЛИЙ В РАМАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ ПО РАЗЛИЧНЫМ НОРМАМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

В настоящее время в Республике Беларусь введены в действие европейские нормы по проектированию строительных конструкций (ТКП EN) [1, 2, 3]. В связи с этим представляет интерес вопрос сопоставления расчетов по различным ТНПА и, как следствие, возможность использования при строительстве имеющейся номенклатуры изделий из соответствующей разработанной базы типовых серий сборного железобетона.

В данной статье приводится сопоставление только усилий, полученных из статического расчета для сельскохозяйственных зданий, выполненных по рамной схеме из сборных элементов типовой серии 1.822.

С целью уменьшения объёма статьи остановимся на отличительных особенностях подсчета нагрузок для рамной схемы здания в соответствии с ТКП EN 1990 [1] и ТКП EN 1991 [2, 3]. Данные определения нагрузок по СНиП [4] условно не приводятся.

При проектировании сельскохозяйственных зданий наиболее распространены стоечно-балочные и рамные схемы каркасов.

Достоинствами стоечно-балочной системы являются:

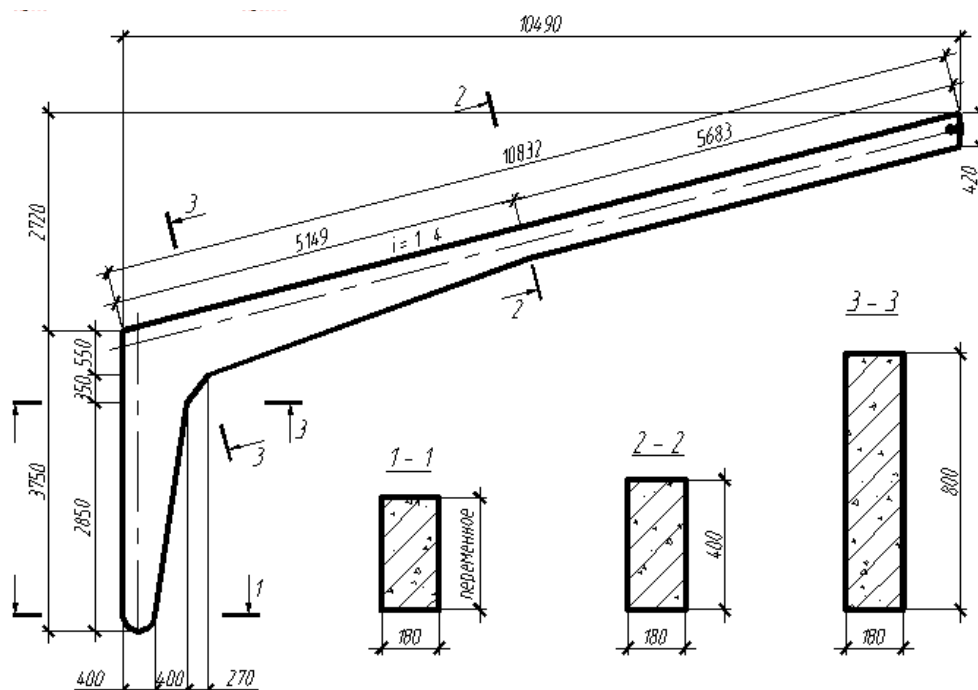
- простота монтажа конструкций;
- возможность проектирования пролета любой ширины.

Достоинствами рамной системы являются:

- отсутствие сетки колонн;
- возможность свободного расположения современного технологического оборудования.

Оба типа каркасов применяются в сельском строительстве, чаще всего это коровники, доильно-молочные блоки, свинарники, здания подсобно-вспомогательных служб и т. д.

В рамных системах используются полурамы серий 1.822-2 (рисунок 1) со сплошным поперечным сечением и 1.800 – РЖ с тавровым и двутавровым поперечным сечением.



**Рисунок 1** – Полурама со сплошным поперечным сечением по серии 1-822-2

**Подсчет снеговых нагрузок в соответствии с ТКП EN 1991-1-3[2].** Расчетное значение переменного (снегового) воздействия на покрытие согласно нормам определяется по формуле

$$Q_{sd}^s = q_{sk}^s \cdot \gamma_f \cdot B, \text{ кН/м}, \quad (1)$$

здесь  $q_{sk}^s$  — снеговая нагрузка на покрытие, определяемая

$$q_{sk}^s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_{sk}, \text{ кН/м}^2, \quad (2)$$

где  $\mu_i$  — коэффициент формы снеговых нагрузок (таблица 5.2) [2];

$C_e$  — коэффициент окружающей среды (п.5.2.7) [2];

$C_t$  — температурный коэффициент (п.5.2.8) [2];

$s_{sk}$  — характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт, определяемое согласно таблице НП.1.1 [2];

$B$  — шаг поперечных рам.

**Подсчет ветровых нагрузок по ТКП EN 1991-1-4 [3].** Внешнее (наружное) ветровое давление на отдельную поверхность на высоте  $z_e$  определяется по формуле (5.1) [3].

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}, \text{ кН/м}, \quad (3)$$

где  $q_p(z_e)$  — пиковое значение скоростного напора ветра;

$z_e$  — базовая высота для внешнего давления;

$c_{pe}$  — аэродинамический коэффициент внешнего давления.

Значение пикового скоростного ветрового давления на высоте  $z$  (п.4.5) [3]

$$q_p(z) = [1 + 7l_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho_{air} \cdot v_m^2(z) \quad (4)$$

здесь  $l_v(z)$  — интенсивность турбулентности на высоте  $z_e$ , (п 4.4) [3], согласно условию  $z_{min} \leq z_e \leq z_{max}$  определяется по формуле

$$l_v(z) = \frac{k_i}{c_0(z) \cdot \ln \cdot (z_e/z_0)}, \quad (5)$$

где  $z_{\min}$  — принимается согласно таблице 4.1 [3];  
 $z_{\max}$  — равен 200 м, (п.4.3.2) [3];  
 $k_i$  — коэффициент турбулентности (таблица НП2(2.14)) [3];  
 $c_0(z)$  — орографический коэффициент (таблица НП2(2.11)) [3];  
 $v_m^2$  — средняя скорость ветра на высоте  $z_e$  над уровнем земли, зависящая от шероховатости местности, орографии и базового значения скорости ветра  $v_b$ ;

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b, \quad (6)$$

где  $c_r(z)$  — коэффициент, учитывающий тип местности

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln \cdot \left( \frac{z_e}{z_0} \right), \quad (7)$$

где  $z_0$  — параметр шероховатости (таблица 4.1)[3];

$k_r$  — коэффициент местности, зависящий от параметра шероховатости  $z_0$ , определяется по формуле

$$k_r = 0,19 \cdot \left( \frac{z_0}{z_{0,ji}} \right)^{0,07}, \quad (8)$$

где  $z_{0,ji}$  — принимается согласно таблице 4.1 [3];

Значение среднего (базового) скоростного напора

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho_{air} \cdot v_b^2, \quad (9)$$

$\rho_{air}$  — плотность воздуха (п.4.5) [3];

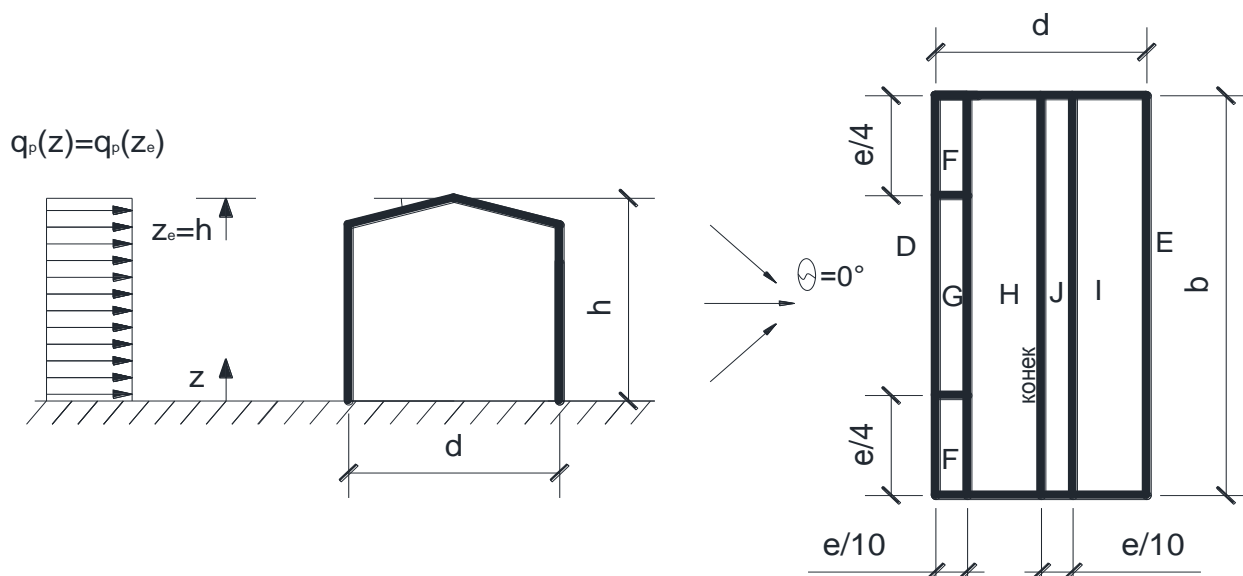
Значение базовой скорости ветра

$$v_b = c_{dir} \cdot v_{b,0} \cdot c_{season}, \quad (10)$$

где  $v_{b,0}$  — основное значение базовой скорости ветра (рисунок НП.2.1) [3];

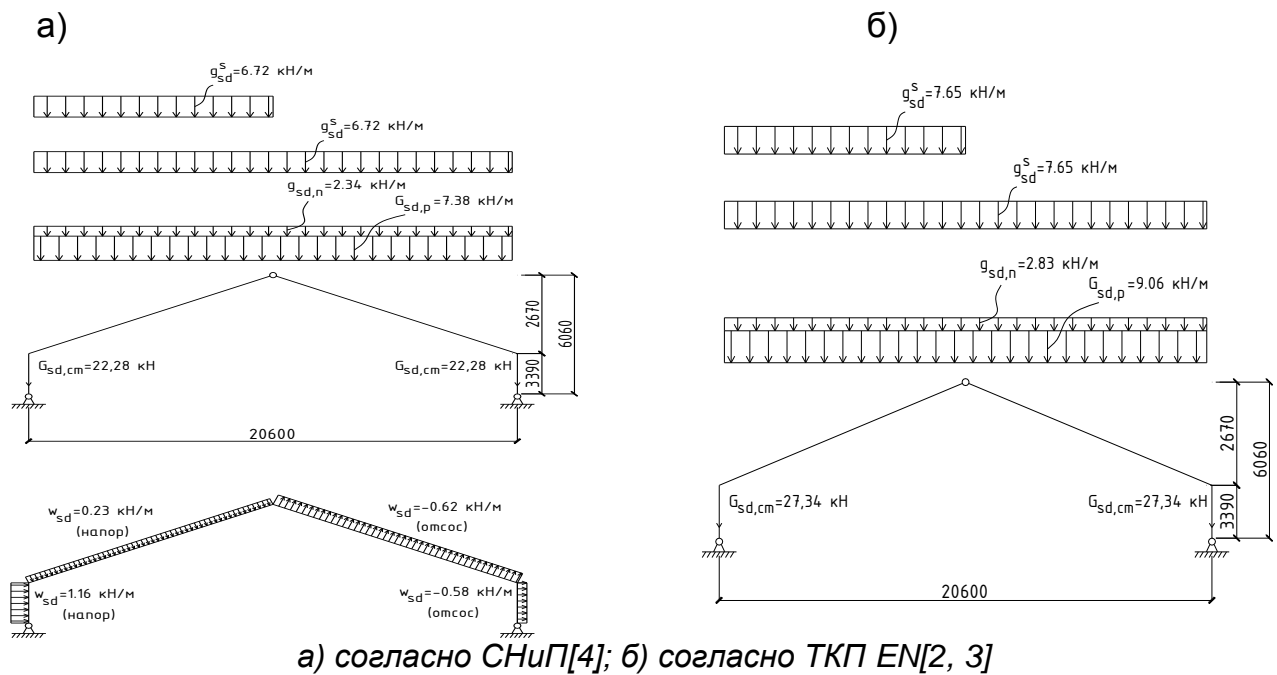
$c_{dir}$  — коэффициент, учитывающий направление ветра (п.4.2) [3];

$c_{season}$  — сезонный коэффициент (таблица НП2(2.5)) [3].



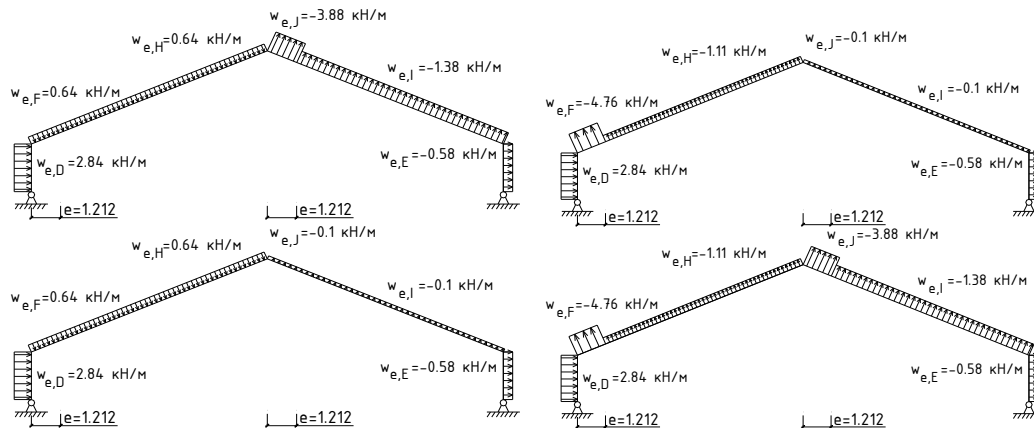
**Рисунок 2** – Распределение ветрового давления на раму здания в соответствии с ТКП EN1991-1-4[3]





а) согласно СНиП[4]; б) согласно ТКП EN[2, 3]

**Рисунок 3 – Расчетная схема поперечной рамы с действующими нагрузками**



**Рисунок 4 – Расчетная схема поперечной рамы с действующими ветровыми нагрузками по ТКП EN 1991[3]**

Статический линейно-упругий расчет рамы выполнялся и верифицировался с использованием программных комплексов Лира САПР 2014 ID 742940397 (2C485EEDh). Пространственная конечно-элементная модель формировалась согласно чертежей, представленных в серии 1.822-2. Расчетная модель включает в себя только несущие элементы рамы — две полурамы, соединенные между собой в карнизном узле шарнирно. В соответствии с ТКП EN 1990 [1] и обязательным приложением «А» СНБ 5.03.01-02 [5] (с учетом изменений №1–5) расчетные значения приведенных нагрузок объединены в основные комбинации, из которых выбирались самые неблагоприятные:

— первое основное сочетание

$$\sum_j (\gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}) + \sum_{i=1} (\gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} Q_{k,i}),$$

— второе основное сочетание

$$\sum_j (\xi \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}) + \gamma_{Q,i} \cdot Q_{k,i} + \sum_{i>1} (\gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} Q_{k,i}),$$

где  $G_{k,i}$  — нормативные значения постоянных нагрузок;  $Q_{k,1}$  — нормативное значение доминирующей переменной нагрузки;  $Q_{k,i}$  — нормативные значения сопутствующих переменных нагрузок;  $\gamma_{G,i}$  — частный коэффициент безопасности для постоянных нагрузок, согласно ТКП EN 1990 и СНБ 5.03.01–02 –  $\gamma_{G,i} = 1.35$ ;  $\gamma_{Q,i}$  — частный коэффициент безопасности для переменных нагрузок, согласно ТКП EN 1990 и СНБ 5.03.01–02 –  $\gamma_{Q,i} = 1.5$ ;  $\psi_{0,i}$ ,  $\psi_{1,1}$ ,  $\psi_{2,i}$  — коэффициенты сочетаний переменных нагрузок, принимаемые по таблице А.1;  $\xi$  — коэффициент уменьшения для неблагоприятно действующей постоянной нагрузки, принимаемый равным 0,85.

Сочетания нагрузок учтены в результате составления расчетной схемы при статическом расчете с использованием Лира САПР 2014 ID 742940397 (2C485EEDh), результаты расчета приведены в таблице 1.

**Таблица 1** – Сопоставление усилий по СНиП и ТКП EN

Усилия		Значения максимальных усилий согласно			%
		СНиП		ТКП EN с учетом ветровой нагрузки	
		без учета ветровой нагрузки	с учетом ветровой нагрузки		
в карнизном узле	$M_{sd}$	502,4	502,4	506,55	0,82
	$N_{sd}$	196,8	196,8	204,3	3,68
в ригеле	$M_{sd}$	69,1	70,8	71,8	1,39
	$N_{sd}$	187,3	187,3	183,8	-1,87
на обресе фунда- мента	$V_{sd}$	148,2	148,2	154,4	4,02

**Вывод.** Для всех климатических районов Республики Беларусь по снеговой и ветровой нагрузке, несмотря на изменение величины характеристического значения снеговой и ветровой нагрузки, возможно использовать при проектировании зданий сельскохозяйственного назначения рамных систем из двух полурам по имеющимся типовым сериям, разработанным ранее.

#### Список цитированных источников

1. Еврокод. Основы проектирования строительных конструкций: ТКП EN 1990-2011 (02250) с изменением №1. – Введ. 01.07.2012. - Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2012. – 86 с. – Технический кодекс установившейся практики.

2. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1–3: Общие воздействия. Снеговые нагрузки: ТКП EN 1991-1-3-2009 (02250) с изменением №2. – Введ. 23.10.2009. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2009. – 42 с. – Технический кодекс установившейся практики.

3. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1–4: Общие воздействия. Ветровые воздействия: ТКП EN 1991-1-4-2009 (02250) с изменением №2. – Введ. 23.10.2009. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 120 с. – Технический кодекс установившейся практики.

4. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07-85\* с изменением №1. – Введ. 01.07.2004. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2004. – 5 с.

5. Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01–02. – С изменениями №1, 2, 3, 4, 5 – Минск: Стройтехнорм, 2002. – 274 с.

## **ДОСТУПНОСТЬ СРЕДЫ В ГОРОДЕ БРЕСТЕ**

Почти во всех странах мира в последние годы ведется большая и дорогостоящая работа по адаптации среды обитания к возможностям физически ослабленных лиц. К ним относятся: инвалиды различных групп, престарелые, беременные, дети дошкольного возраста, взрослые с детьми на руках или в колясках, больные-хроники и травмированные, с ограничением подвижности.

Принимая во внимание то обстоятельство, что в Республике Беларусь 554 908 человек — это граждане с ограниченными возможностями здоровья (данные на 2017 год) — это 6% от всего населения Республики Беларусь, одним из направлений стратегии социально-экономического развития Республики Беларусь является реабилитация и социальная интеграция инвалидов.

Необходимо создание средствами архитектуры, градостроительства, транспорта, информатизации и связи условий, обеспечивающих инвалидам равные со всеми гражданами возможности в пользовании объектами социальной инфраструктуры, получении образования, реализации творческого потенциала, активного участия в общественной жизни.

При новом проектировании и реконструкции общественных, жилых и промышленных зданий следует предусматривать для инвалидов и граждан других маломобильных групп населения условия жизнедеятельности, равные с остальными категориями населения.

Безбарьерная среда, этот термин применяется к элементам окружающей среды, в которую могут свободно заходить, попадать и которую могут использовать люди с физическими, сенсорными или интеллектуальными нарушениями, а также мамы с колясками, велосипедисты и просто пожилые люди.

Первоначально это выражение использовалось для описания зданий и компонентов, которыми могли пользоваться люди, использующие инвалидную коляску. Однако впоследствии в определение были включены стандарты, которые подходили людям с другими видами инвалидности. В широком смысле, безбарьерный, или доступный дизайн — это дизайн, который создает наиболее легкие и безопасные условия для наибольшего числа людей и способствует их независимому образу жизни.

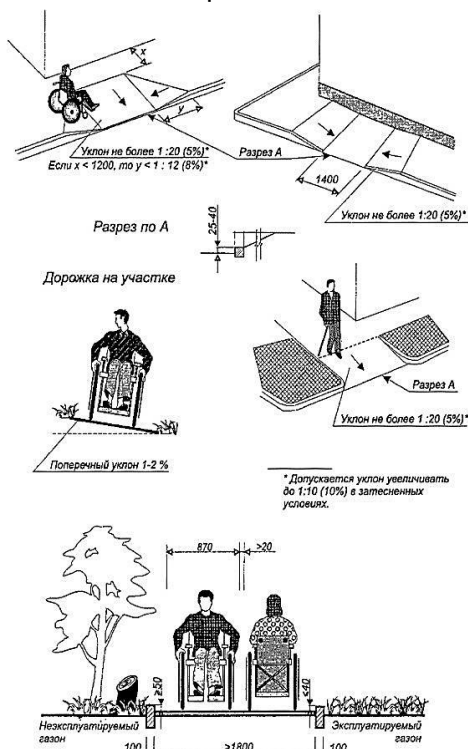
Проектные решения объектов, доступных для инвалидов, не должны ограничивать условия жизнедеятельности других групп населения, а также эффективность эксплуатации зданий.

С 2008 года в Беларуси действует Закон о правах инвалидов, в 2007–2010 гг. выполнялась Государственная программа о безбарьерной среде жизнедеятельности физически ослабленных лиц. Основные положения этого документа получили развитие в программе по безбарьерной среде на 2011–2015 гг. и 2016–2020 гг.

Несмотря на принятые нормы в Республике Беларусь проблема адаптации городской среды остаётся актуальной, что видно на примере города Бреста. Как видно, остаётся нерешённой социальная задача — создание равных возможностей для инвалидов во всех сферах жизни общества путём обеспечения доступности физического, социального, экономического и культурного окружения, здравоохранения и образования, информации и связи.

Архитектурно-строительными средствами доступности среды являются: пандусы, лестницы, поручни, дверные проёмы, двери, лифты и подъёмники, пути передвижения, транспорт, парковки, благоустройство прилегающей территории.

Безусловно, результаты действия программы в последнее время видны каждому. Элементы безбарьерной среды обращают на себя внимание в каждом новом здании, в переходах, в магазинах, в метро. Чаще всего человек, который далек от проблем людей с ограниченными возможностями, видит пандус и думает, что это уже безбарьерная среда, а значит, место доступно для инвалидов. Запроектировать только пандус мало, должна быть продумана каждая деталь. Местами есть лишь элементы безбарьерного пространства, но нет комплекса, формирующего адаптированную среду. К сожалению, бывают случаи, когда деньги вложены, но элементы безбарьерной среды сделаны непродуманно и с нарушением существующих норм. Чтобы строить действительно дружественное для каждого городское пространство, нужно на каждом этапе понимать потребности физически ослабленных лиц и чувствовать свою ответственность за каждый шаг на пути к созданию того или иного элемента. Ответственным должен быть проектировщик, чтобы не полениться создать здание по всем нормам. Важность своей работы должен понимать строитель, чтобы не сделать уклон чуть больше, чем требуется, потому что так проще. Думать о физически ослабленных лицах необходимо работнику технического надзора, чтобы не разрешить эксплуатировать объект, не соответствующий требованиям. А водитель, участвующий в том числе в обеспечении работы средств адаптации городской среды, должен не забывать подъезжать к остановочным пунктам ровно, чтобы не создавать большой зазор между полом транспорта и площадкой остановочного пункта. Ведь часто можно наблюдать картину, когда низкопольный автобус куплен, остановка оборудована, но инвалид-колясочник все равно не может попасть в автобус без посторонней помощи из-за халатности водителя.



**Рисунок 1 – Благоустройство территории**



**Рисунок 2 – Пандусы**



Последнее пятилетие принесло значительный сдвиг в вопросах доступной среды. Много чего сделано, но еще больше предстоит сделать. При реализации программы на 2016–2020 годы продолжат развиваться уже существующие направления и добавят новые. Так, больше станет мероприятий по созданию безбарьерной среды для инвалидов по зрению и слуху — оборудование перекрестков тактильной плиткой, установка светофоров со звуковым сигналом, расширение штата сурдопереводчиков. В планах создать Центр приема и передачи информации для инвалидов по слуху и внедрить услугу по сопровождению инвалидов по зрению.

К сожалению, зачастую процесс создания безбарьерной среды тормозит не отсутствие каких-либо законодательных актов или финансирования, а само общество. В сознании белорусов еще не до конца сложилось правильное отношение к понятиям «безбарьерная среда» и «лицо с ограниченными возможностями». Взять хотя бы постоянно занятые машинами здоровых людей парковки для инвалидов. Первые нормы по обеспечению доступности к объектам инфраструктуры появились в Европе и США в 50–70-е годы прошлого столетия. В Беларуси, в сущности, первые шаги были сделаны всего 10–15 лет назад. Очевидно, что и уровень адаптации инфраструктуры не может быть соизмерим с европейским. Однако изменением отношения всего общества, совместными усилиями каждого и с использованием опыта стран, преуспевших в создании безбарьерной среды, в том числе законодательного, можно создать доступную инфраструктуру в ближайшие годы, не проходя путь в десятилетия.

**Рекомендации:** необходимо создание карты доступности объектов для Бреста; в связи с предстоящим празднованием 1000-летия Бреста целесообразно расширить программу по обеспечению безбарьерной среды в городе Бресте.

#### **Список цитированных источников**

1. Среда обитания для физически ослабленных лиц. Основные положения: СТБ 2030-2010.

2. Рекомендации по проектированию окружающей среды, зданий и сооружений с учетом потребностей инвалидов и других маломобильных групп населения: Вып. 1. Общие положения/ Минстрой России, Минсоцзащиты России, АО ЦНИИЭП им. Б.С. Мезенцева. — М.: ГП ЦПП, 1996. — 52 с

УДК 338.4:625.7/.8(476)

*Кологрив О.Н., Островская Д.С.*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Леванюк С.В.*

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИННОВАЦИОННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ДОРОЖНОГО РАЗВИТИЯ НА ПРИМЕРЕ МОГИЛЕВСКОГО ОАО «ДСТ № 3» И ГРОДНЕНСКОГО ОАО «ДСТ №6»**

Открытое акционерное общество «Дорожно-строительный трест № 3» одно из крупнейших в республике среди дорожно-строительных предприятий. Располагает квалифицированными кадрами, высокопроизводительным оборудованием, современными технологиями, сертификатами и лицензиями на лицензируемые виды деятельности, что позволяет с высоким качеством строить и капитально ремонтировать в год от 100 до 150 км автомобильных дорог I–III категорий. Сегодня во главе коллектива ОАО «ДСТ № 3» — генеральный директор Григорий Семенович Тимофеев.

В результате реформирования ОАО «ДСТ № 3» в настоящее время включает в себя семь филиалов и одно представительство:

- ДСУ № 14 (г. Могилев);
- ДСУ № 16 (г. Бобруйск);
- ДСУ № 20 (г. Кричев);
- ДСУ № 27 (г. Горки);
- ДСУ № 37 (г. Костюковичи);
- Управление «Дорсервис» (г. Могилев);
- Казахстанский филиал ОАО «ДСТ № 3» (г. Астана, Республика Казахстан);
- Представительство в Российской Федерации в городе Москве.

За более чем четыре десятилетия Гродненским трестом №6 построено и капитально отремонтировано около шести тысяч километров дорог, совместно с трестом «Мостострой» возведено свыше двух с половиной тысяч погонных метров мостов и путепроводов, уложено более 15 миллионов тонн черных смесей. Сегодня во главе коллектива ОАО «ДСТ № 6» — генеральный директор Довгань Василий Михайлович.

В состав треста входят 6 филиалов расположенных по всей Гродненской области:

- Управление производственно-технологической комплектации, г. Гродно;
- Дорожно-строительное управление № 18, г. Гродно;
- Дорожно-строительное управление № 24, г. Лида;
- Дорожно-строительное управление № 28, г. Ошмяны;
- Дорожно-строительное управление № 30, г. Волковыск;
- Дорожно-строительное управление № 65, г. Слоним.

Экспорт строительных услуг оказывает только Могилевский ДСТ № 3. Остановимся на четырех наиболее значимых объектах, введенных в эксплуатацию ДСТ № 3 в Российской Федерации:

1. Реконструкция автомобильной дороги Пятницкое-Холмовая-Радки-Павлиново. Заказчик: ГКУ Калужской области «Калугадорзаказчик». Вид работ: строительство. Период выполнения работ: с 24.08.2016 по 20.12.2016 г.

2. Реконструкция транспортной развязки на 19 км Можайского шоссе в Одинцовском муниципальном районе. Заказчик: ГУП МО МОДЦ. Вид работ: строительство. Период выполнения работ: с 07.03.2016 по 31.10.2017 г.

3. Строительство обхода г. Калуги с мостом через реку Оку. Заказчик: ГКУ Калужской области «Калугадорзаказчик». Вид работ: строительство. Период выполнения работ: с 06.11.2015 по 30.06.2017 г.

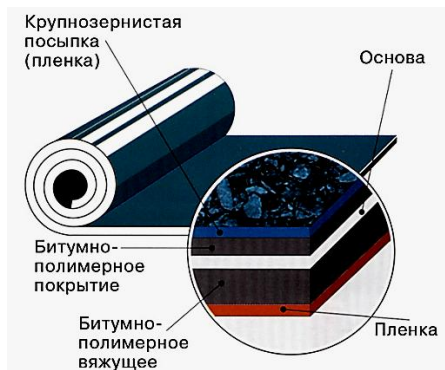
4. Реконструкция путепровода через ж/д пути станции Брянск 1 в Володарском районе г. Брянска. Вид работ: строительство. Период выполнения работ: с 29.06.2015 по 29.06.2016 г.

В производственной деятельности ДСТ № 3 используются три стационарных и два новейших мобильных асфальтобетонных завода производства Германии - Lintec и Benninghoven, а в производственной деятельности ДСТ №6 используются четыре стационарных асфальтобетонных завода. Преимуществом мобильного завода является оперативное перемещение с объекта на объект, так как он выполнен из компактных, быстроустанавливаемых функциональных блоков, благодаря чему достигается высокая скорость монтажа и демонтажа, кроме того, производственный процесс полностью автоматизирован.

Сегодня строительство и реконструкция дорог ведутся по самым прогрессивным технологиям. ДСТ №3 идет в ногу со временем и применяет все новшества на практике. Специалистами освоены 2 новые технологии укладки до-

рожного полотна. Первая – устройство разделяющей прослойки из геотекстильных материалов при устройстве щебеночного основания дорожной одежды. Ее особенность — снижение энергозатрат на устройство щебеночного основания и исключение технологического слоя из песчано-гравийной смеси. В связи с дефицитом щебня в нашей стране и его большой потребностью данная технология будет наиболее востребована в ближайшее время. Благодаря использованию геосетки уменьшается толщина щебеночного основания. Вторая — применение резинобитумного гранулированного вяжущего при производстве асфальтобетонных смесей. Эксплуатационные качества асфальтобетона значительно повышаются. Кроме увеличения срока службы такого покрытия, увеличивается и устойчивость к постоянно возрастающим нагрузкам автомобильного транспорта.

А так же в ДСТ № 3 успешно освоено применение битумно-полимерных лент для предотвращения раскрытия продольных стыков в процессе эксплуатации автомобильных дорог. Битумно-полимерные ленты — это современные конструктивные материалы, предназначенные для обеспечения долгосрочной герметизации швов сопряжения асфальтобетонных покрытий на автомобильных дорогах, мостовых сооружениях и аэродромах (рис.1). Уникальность технологий устройства покрытий с использованием битумно-полимерных лент состоит в том, что герметизация происходит в процессе укладки и уплотнения горячей асфальтобетонной смеси. Эффект достигается в результате плавления материала ленты под воздействием высокой температуры смеси и формирования защитного слоя при уплотнении. Это позволяет избежать разрушения покрытия в зоне стыка смежных полос асфальтобетона, а так же примыканий к бетонным и металлическим поверхностям.



**Рисунок 1** – Состав битумно-полимерной ленты.

В настоящее время ДСТ № 3 и ДСТ №6 успешно освоены методы приготовления и укладки щебеночно-мастичных асфальтобетонов с использованием целлюлозного волокна. Щебеночно-мастичный асфальтобетон или щебеночно-мастичный асфальт — это разновидность дорожного покрытия, разработанная в 60-х годах XX века. Отличается высокой прочностью, пригоден для сильно загруженных магистралей. Принципиальное отличие щебеночно-мастичного асфальтобетона на целлюлозе от обычного асфальтобетона состоит в том, что отклонения в размере зёрен щебня в асфальтобетонной смеси намного больше, чем в щебеночно-мастичном асфальтобетоне. Сравнивая цены щебеночно-мастичных асфальтобетонов с использованием целлюлозного волокна с обычным асфальтобетоном, можно сделать вывод, что применение обычного асфальтобетона дешевле. Но подвергать ремонту щебеночно-мастичный асфальтобетон с использованием целлюлозного волокна



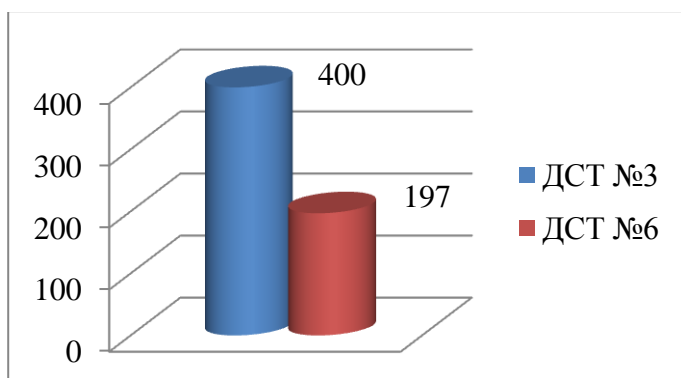
необходимо в 7 раз реже, чем обычный асфальтобетон. Следовательно, применение щебеночно-мастичного асфальтобетона с использованием целлюлозного волокна выгоднее и дешевле за счет меньшего физического износа.

ОАО ДСТ №6 производит выпуск и реализацию эмульсий битумных катионных дорожных, марки ЭБКД-Б-60 и ЭБКД-Б-65. Битумная эмульсия — это дисперсная система битума и воды, в которой микронные частицы вяжущего равномерно диспергированы в определенном объеме воды. Эмульсия битумная дает возможность экономить ресурсы, она удобна в транспортировке и складировании. Немаловажно то, что эмульсия битумная является экологически чистым продуктом, а технологии, основанные на использовании таких эмульсий, отличаются экономичностью и относительной доступностью. Ещё одно существенное достоинство заключается в том, что битумная эмульсия отлично смешивается с латексом. Стоимость эмульсии напрямую зависит от стоимости вяжущего и эмульгатора.

Чтобы качественно выполнять работу, нужна качественная техника. ДСТ №3 старается закупать самое современное оборудование и стремится обновлять парк техники. Износ техники на конец 2011 года составил 50%. Поэтому было принято решение — значительно перевооружить дорожников. В этом году были приобретены два тяжелых бульдозера, четыре погрузчика, шесть 20-тонных автосамосвалов, обочиноукладчик и асфальтоукладчик шириной 8 м.

В «ДСТ №6» бесперебойная работа при выполнении строительно-монтажных работ обеспечивается наличием более старых основных механизмов.

При изучении данного вопроса было замечено, что в парке Могилевского треста единиц автотехники в два раза больше, чем в Гродненском (рис.2).



**Рисунок 2** – Количество транспортных единиц в ДСТ №3 и ДСТ №6

При изучении состава транспортных средств в обоих трестах мы наткнулись на использование одних и тех же моделей автотехники. Сравнивая прейскурант цен на их аренду, мы заметили, что арендовать транспорт в Могилевском тресте практически в 2 раза дороже, чем в Гродненском (табл.1).

**Таблица 1** – Прейскурант цен

Наименование машины	ДСТ№ 3 (г. Могилев) Цены ДСТ №3 представлены за 08.12.2016	ДСТ№ 6 (г. Гродно) Цены ДСТ №6 представлены за 01.01.2017
Экскаватор гусеничный JCB JS220	53,78(1 маш/час)	34,70(1 маш/час)
Бульдозер SHANTUI SD16	56,08(1 маш/час)	32,10(1 маш/час)
Автобус ПАЗ 32053	17,40(1 час) 0,68(1 км)	11,00(1 час) 0,43 (1 км)

Недавно появился в арсенале специалистов ДСТ №3 автогрейдер с установленной системой навигации GPS — новое слово в дорожном строительстве. Через связь со спутника навигатору задаются параметры земли, на которой кладется основание, так что погрешность при укладке минимальна. GPS-приемники многофункциональны, точны, удобны и позволяют производить измерения в глобальных спутниковых системах.

После установки на бульдозер или автогрейдер трехмерной системы нивелирования, отпадает необходимость в проведении разбивки и проведения контроля полотна после каждого прохода автогрейдера.

Система автоматического управления позволяет выполнять проекты, созданные в электронном виде. В панели управления производятся вычисления для точного позиционирования режущей кромки машины на основании данных положения бульдозера, которые поступают от системы позиционирования. Это позволяет производить работы с высокой точностью: 1 см в плане, 3 см по высоте.

#### **Список цитированных источников**

1. Экономика дорожного строительства: учебное пособие: в 2-х ч. / В.В. Гавриш : Сибирский федеральный университет, 2013. – Ч. 1 – 478 с.
2. Экономика дорожного строительства: учебное пособие: в 2-х ч. / В.В. Гавриш : Сибирский федеральный университет, 2013. – Ч. 2 – 348 с.
3. Асфальтобетонные заводы. Учебное пособие / В.В. Силкин, А.П. Лупанов, А.В. Коротков; МАДИ (ГТУ). – М.: Экон-Информ, 2008. – 226 с.
4. Строительство и ремонт асфальтобетонных покрытий / Т.Н. Калашникова, М.Б. Сокальская. — М.: Экон-Информ, 2010. – 344 с.
5. Технология устройства и ремонта асфальтобетонных покрытий / И.С. Ищенко, Т.Н. Калашникова, Д.А. Семенов Москва: Аир-Арт., 2001. – 176 с.
6. Гаврицкий, С. Шесть километров магистрали в районе Щучина введут в эксплуатацию до 1 сентября / С. Гаврицкий // Гродзенская праўда. – 2014.
7. Официальный сайт ОАО «ДСТ №3» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dst3.by/>
8. Официальный сайт ОАО «ДСТ №6» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dst6.grodno.by/>

УДК 331.5:332.8(467.7)

**Кравчук А.А.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Леванюк С.В.**

### **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ КУП «ЖИЛИЩНОЕ РЕМОНТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ г. БРЕСТА»**

Целью настоящей работы является разработка программы повышения эффективности использования трудовых ресурсов КУП «Жилищное ремонтно-эксплуатационное управление г. Бреста».

#### **Задачи исследования:**

1. Анализ теоретических основ понятий «трудовые ресурсы» и «производительность труда»; подходов к кадровой политике организации;
2. Анализ трудовых ресурсов предприятия и изучение опыта управления формированием кадровой политики КУП «ЖРЭУ г. Бреста»;
3. Разработка предложений по повышению эффективности использования трудовых ресурсов КУП «ЖРЭУ г. Бреста».

Предприятие является коммерческой организацией — юридическим лицом по законодательству Республики Беларусь, имеет закрепленное за ним на праве хозяйственного ведения обособленное имущество, самостоятельный баланс, расчетный и другие счета в учреждениях банков, круглую печать со своим наименованием и изображением Государственного герба Республики Беларусь, штампы со своим наименованием, другие реквизиты юридического лица.

В соответствии с производственно-хозяйственными задачами для функционирования КУП «ЖРЭУ г. Бреста» требуется основной, вспомогательный и управленческий персонал. Организационная структура управления КУП «ЖРЭУ г. Бреста» сформирована в соответствии со стоящими перед предприятием целями, задачами и функциями управления. Основными структурными подразделениями КУП «ЖРЭУ г. Бреста» выступают жилищно-эксплуатационные службы (ЖЭСы), имеющие свой угловой штамп и печать с наименованием [1].

Организационная структура управления КУП «ЖРЭУ г. Бреста» относится к типу линейно-функциональной структуры управления. Несложная линейно-функциональная структура управления позволяет сотрудникам ежедневно вступать в непосредственный контакт друг с другом и облегчает обмен информацией всех управленческих звеньев предприятия [2].

Принятый режим на предприятии — односменный. Однако предусматриваются случаи выхода на работу в ночное время, в выходные и праздничные дни (аварии, поломки и т. п.), за что рабочие получают дополнительную оплату. Также доплата производится за работу в тяжелых и вредных условиях труда.

КУП «ЖРЭУ г. Бреста» имеет традиционную и во многом обязательную для предприятий Республики Беларусь систему материального мотивирования и стимулирования труда персонала.

Эта система имеет высокий уровень регламентации, проверена на практике и широко применяется практически на всех отечественных предприятиях. В то же время она не учитывает в полной мере отраслевых различий и особенностей предприятий и излишне унифицирована, имеет много ограничений.

Для повышения уровня организации работы персонала КУП «ЖРЭУ г. Бреста» возможно применение оригинальных систем, например, нетарифной системы оплаты труда и системы льгот вместо системы премирования.

Нетарифные системы построены на принципах, отличающихся от традиционно применяемой тарифной системы. Часть из них разрабатывается по распределительному принципу на бестарифной основе (отсюда название «бестарифные» системы оплаты труда).

«Бестарифный» (распределительный) вариант организации заработной платы ставит заработок работника в полную зависимость от конечных результатов работы определенного трудового коллектива. В КУП «ЖРЭУ г. Бреста» возможно применение бестарифной системы, так как там:

- имеется возможность точно учесть эти конечные результаты;
- есть условия для общей заинтересованности и ответственности за конечные результаты работы конкретного трудового коллектива;
- члены отдельно взятого трудового коллектива достаточно хорошо знают друг друга и полностью доверяют своим руководителям [3].

При «бестарифной» системе оплаты труда присвоение административно-управленческому работнику КУП «ЖРЭУ г. Бреста» определенного квалификационного уровня не сопровождается параллельным установлением ему соответствующей тарифной ставки или оклада, т. е. заранее конкретный уровень оплаты труда работнику не известен.

Понятие квалификационного уровня в «бестарифной» системе оплаты труда шире, чем общепринятое понимание квалификационного разряда или должностной категории у специалистов, руководителей и служащих.

Определение коэффициента квалификационного уровня осуществляется (как свидетельствует сложившаяся практика применения данной системы) следующими способами:

— исходя из соотношений в оплате труда, фактически сложившихся в период, предшествующий «бестарифной» системе оплаты труда;

— исходя из соотношений в оплате труда, вытекающих из действующих условий оплаты труда работников в период, предшествующий «бестарифной» системе.

Выполнение должностных обязанностей требует от сотрудников КУП «ЖРЭУ г. Бреста» знания процедур и методов, оказываемых услуг, умения работать с покупателями и поставщиками и т. п. Система непрерывного профессионального образования руководителей, специалистов и служащих КУП «ЖРЭУ г. Бреста» в свою очередь должна включать следующие основные виды обучения:

— первичное обучение лиц, принятых на работу;

— ежегодное обучение по актуальным вопросам;

— периодическое обучение (в соответствии с потребностями, но не реже установленной для каждой категории лиц периодичности) по специальным профессиональным образовательным программам для поддержания квалификации всего контингента руководителей, специалистов и служащих на уровне, достаточном для эффективного исполнения обязанностей;

— обучение лиц, готовящихся к должностным перемещениям (назначение на более высокую должность или должность иного профиля).

Аттестация руководителей и специалистов проводится в целях объективной оценки их практической деятельности, уровня профессиональной подготовки, умения работать с людьми. Основными задачами аттестации являются: установление соответствия занимаемой должности, объективной оценки уровня профессиональной подготовки работников, их деловых и личностных качеств, результатов практической деятельности, выявление перспектив применения потенциальных способностей и возможностей, определение необходимости повышения квалификации, профессиональной подготовки или переподготовки [4].

По итогам проведения аттестации руководителей и специалистов, а также работы тарифно-квалификационной комиссии разрабатывается комплексная программа по обучению кадров с применением различных форм обучения: с отрывом от производства и без отрыва от производства [1].

В 2015 г. КУП «ЖРЭУ г. Бреста» были введены в каждом ЖЭСе хаус-мастера (рабочие по комплексному обслуживанию зданий и сооружений). Каждый 1 (один) так называемый хаус-мастер ЖЭСа заменит 4 (четыре) обычных рабочих, работающих по своим профессиям. Рассчитаем затраты на среднюю заработную плату хаус-мастеров в сравнении с рабочими, работающими по своим профессиям, которые приведены в таблице 1 [1].

**Таблица 1** – Затраты на среднюю заработную плату обученных хаус-мастеров в сравнении с рабочими

	Работник, чел.	Количество работников, чел.	Средняя заработная плата на одного работника, млн.руб.	Заработная плата на всех работников, млн. руб.
1	2	3	4	5
Хаус-мастер	1	13	8,4	109,2
Рабочий	4	52	3,3	171,6

Итого экономия после внедрения мероприятия по оптимизации рабочего персонала составила 62,4 млн руб.

Все предложенные мероприятия должны привести более эффективной и производительной работе персонала КУП «ЖРЭУ г. Бреста», а это, в свою очередь, увеличит прибыль предприятия, что и является основной целью его деятельности.

Использование предложенных мероприятий позволит КУП «ЖРЭУ г. Бреста» достичь определенных результатов.

При использовании системы стимулирования труда будет получен рост производительности труда, что скажется на увеличении прибыли, на предприятии.

Затраты на персонал представляют собой совокупность расходов, связанных с его привлечением, вознаграждением, стимулированием, решением социальных проблем, организацией работы и улучшением условий труда. К ним относятся заработная плата и начисления, дополнительные расходы, социальные выплаты.

В состав расходов на оплату труда включаются все соответствующие затраты предприятия независимо от источников их финансирования, в том числе суммы, начисленные за неотработанное время, в течение которого за работниками сохраняется заработная плата, а также стимулирующие и компенсационные выплаты. Все суммы включаются в себестоимость либо проводятся за счет прибыли, остающейся в распоряжении предприятия, и размерами не ограничиваются.

Для определения повышения эффективности деятельности анализируемого предприятия от внедрения предложенных организационных мероприятий необходимо определить единовременные и текущие затраты на мероприятия.

Эффективность затрат на персонал может рассматриваться в двух основных направлениях. Во-первых, речь идет об общей эффективности затрат как таковых, т. е. относительной величине эффекта, который они принесли. Во-вторых, можно говорить о сравнительной эффективности затрат, определять которую необходимо при принятии решений, связанных с различными вариантами технических усовершенствований, вносимых в процессе труда и изменяющих численность, состав, структуру и уровень оплаты труда работников, а следовательно, и сами затраты.

Сведем все внедряемые мероприятия на 2016 год в общую таблицу и рассчитаем экономический эффект от их внедрения (табл. 2) [1].

**Таблица 2** – Программа мероприятий, направленных на повышение эффективности трудовых ресурсов КУП «ЖРЭУ г. Бреста»

Мероприятия	Срок выполнения	Ответственный за выполнение мероприятий	Затраты, млн руб.	Экономический эффект, млн руб.
1	2	3	4	5
Поиск, отбор, наём, адаптация и аттестация персонала	В течение года	Начальник отдела кадров — Лобачевский Л.Л., руководители структурных подразделений	–	68,6
Обучение и переподготовка кадров	В течение года	Начальник отдела кадров — Лобачевский Л.Л.	240,36	133,2
Оптимизация трудовых ресурсов предприятия (ввод нового рабочего персонала)	4 квартал	Начальник отдела кадров — Лобачевский Л.Л., зам. начальника по экономике и финансам — Веремейко И.М., руководители структурных подразделений	95,4	$62,4 \times 3 = 187,2$
<b>ИТОГО:</b>			<b>335,76</b>	<b>389,0</b>

В связи с внедрением данных мероприятий повышения эффективности трудовых ресурсов КУП «ЖРЭУ г. Бреста» чистая прибыль увеличится на 13,7% и составит 2721 млн руб.

Таким образом, главными направлениями повышения эффективности использования трудовых ресурсов являются: повышение производительности труда; сокращение потерь рабочего времени; рациональная организация труда и производства; материальная заинтересованность работников; подготовка кадров на предприятии; социальное развитие трудового коллектива, а также оптимизация персонала.

#### **Список цитированных источников**

1. Официальный сайт КУП «ЖРЭУ г. Бреста» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://brg.bujkh.by>.
2. Портер, М. Конкурентная стратегия: Методика анализа отраслей и конкурентов / М. Портер. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. – 454 с.
3. Розанова, В. Влияние психологических факторов на эффективность и конкурентоспособность современных организаций / В. Розанова // Консультант директора. – 2004. – №23. – С. 10–18.
4. Маракулин, М.В. Оптимизация структуры компании в целях повышения конкурентоспособности / М.В. Маракулин // Маркетинг в России и за рубежом. – 2009. – № 1. – С. 25–26.

УДК 721.01:631.2

**Лобик М.А., Корженевич А.В.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Федосюк Н.А.**

### **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

Целью настоящей работы является анализ применяемых конструктивных решений при строительстве сельскохозяйственных объектов.

Сельское строительство отличается от городского и промышленного строительства рядом технических и экономических особенностей. Игнорирование этих особенностей при проектировании объектов строительства в сельской местности, особенно при организации строительства индустриальными методами, вызывает непроизводительные затраты строительных материалов, труда и механизмов, увеличение продолжительности строительства и его удорожание.

Особенности сельского строительства:

- 1) рассредоточенность, или малая степень концентрации, т. е. объекты строительства расположены на многих строительных площадках и на значительном расстоянии друг от друга;
- 2) своеобразное финансирование;
- 3) значительное влияние зонально-эксплуатационных условий на проектные решения сельскохозяйственных зданий и сооружений, от которых зависят формы и методы организации, а также степень индустриализации строительства. Основными факторами этой особенности являются:

— большая разновидность сельских построек (особенно производственных) по их назначению,

— многотипность применяемых объемно-планировочных решений сельскохозяйственных зданий, зависящая от их технологических решений и условий эксплуатации;

4) малый годовой объем строительного-монтажных работ на одной строительной площадке, отсутствие в ряде случаев энергии и воды на строительной площадке, отсутствие жилого фонда для расселения рабочих и ограниченные возможности аренды жилых, складских и других помещений, недостаток на местах строительства и в ближайших населенных пунктах рабочих строительных специальностей;

5) факторы, влияющие на организацию, себестоимость и методы работы транспорта:

— отдаленность объектов строительства от железных дорог и автодорог с твердым покрытием,

— ограниченная в ряде районов сеть дорог с усовершенствованным покрытием и отсутствие подъездных путей к объектам строительства,

— ограниченная грузоподъемность мостов на проселочных дорогах.

Сельскохозяйственные здания отличаются от зданий промышленного и гражданского назначения особенностями функционально-технологических процессов. В большинстве случаев сельскохозяйственные производственные здания строят одноэтажными с достаточно просторными, не разделенными внутренними стенами помещениями. В таких зданиях отсутствуют большие крановые и другие динамические нагрузки. Конструкции зданий в основном воспринимают собственную массу, снеговые и ветровые нагрузки.

Основными схемами каркасов производственных сельскохозяйственных зданий являются стоечно-балочные системы, схемы с применением различных ферм, распорных рам и арок. Каркас здания может быть неполным, в котором наружные стены несущие, воспринимающие полезные нагрузки, а внутренний каркас состоит из одного, двух или более рядов промежуточных стоек-колонн. При полном несущем каркасе, кроме наличия внутренних опор, наружные стены заменены колоннами с устройством самонесущих стен или навесных панелей.

При строительстве сельскохозяйственных объектов особое внимание следует уделить тому, чтобы обеспечить животноводство здоровыми помещениями для содержания поголовья. Здания и сооружения советской эпохи давно выработали свой ресурс. И речь здесь даже не о биологической усталости, когда после многолетнего использования объекта ему достаточно дать трехлетний отдых, чтобы поры ограждающих конструкций очистились от влаги, микроорганизмов и газов. Истек срок службы, жизненный цикл деревянных, кирпичных и панельных сельхозпостроек. Птицефабрики и животноводческие фермы не обновлялись. Поэтому реконструировать понадобилось практически все. То есть строить надо много, быстро и в полном соответствии с санитарными нормами.

Одной из важнейших задач сельских строителей является быстрее улучшение условий транспортирования строительных материалов и конструкций при организации производства строительного-монтажных работ.

В данный момент типовые решения, применяемые для строительства сельских объектов, закончились. Сегодня, в условиях развития рынка и нарастающей конкуренции, рождается множество технологий и схем, позволяющих совершенствовать практику строительства, применяя для этого зарубежный опыт, инновационные разработки, современные материалы. В данном на-

правлении развивается и сфера проектирования и строительства сельскохозяйственных комплексов.

Строительство сельскохозяйственных комплексов может осуществляться на основе каркасных и бескаркасных технологий.

Каркасная технология предполагает монтаж несущего деревянного, ж/б или металлического каркаса, который обшивается профлистом, тканью, обкладывается кирпичом или покрывается сэндвич-панелями. Среди главных преимуществ каркасной технологии возведения сельскохозяйственных комплексов:

- высокая термоизоляция, которая влечет уменьшение расходов на обогрев в сравнении с затратами на отопление цементной конструкции;
- сокращение временных расходов на монтаж;
- возможность замены металлоконструкции.

**Традиционный железобетон.** На протяжении нескольких десятилетий сельскохозяйственные комплексы в СССР строились исключительно из бетона. В последнее время наблюдается тенденция к отказу от использования этого материала, что связано с его очевидными недостатками. Низкий уровень теплопроводности этого материала ведет к высокому скоплению конденсата, который образуется в результате взаимодействия остывшего бетона и теплого воздуха, выделяемого крупным рогатым скотом. При этом окна зачастую оказываются наглухо закрытыми, приточная вентиляция отсутствует. Все это в комплексе ведет к образованию микроклимата, отрицательно сказывающегося на животных.

К тому же, многолетняя практика использования подтвердила нерентабельность бетона как материала для строительства сельскохозяйственных комплексов, которая помимо всего прочего связана с высокой стоимостью материала при низких темпах строительства.

Решиться на революцию в сфере строительства пока не хватает ни средств, ни желания, железобетон по-прежнему используется при строительстве сооружений данного типа для возведения каркаса, однако в комплексе со сталью и отделкой сэндвич-панелями.

**Канадская технология.** В мире наблюдается тенденция к отказу от массивных построек, в том числе и в сфере сельского хозяйства. Легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК) состоят из оцинкованных профилей и термопрофилей: направляющих, стоечных и перемычек. Крепление легких стальных тонкостенных конструкций может быть осуществлено с помощью резьбовых соединений, закладной или штамповочной клепки и болтов.

Строительство сельскохозяйственных комплексов на основе ЛСТК характеризуется малой металлоемкостью, возможностью типизации и унификации, высокой технологичностью изготовления и монтажа, а так же высокой степенью заводской готовности.

Появление технологии ЛСТК в Канаде в 50-е гг. XX в. было вызвано необходимостью в возведении большого количества малоэтажных домов для среднего класса, соответствующих климатическим условиям страны. Несмотря на то, что для сборки ЛСТК требуется другой набор инструментов, чем для деревянных каркасов, простота их монтажа сопоставима. По теплоэффективности стены с использованием стальных конструкций практически идентичны стенам на основе деревянного каркаса. Однако в северных регионах могут потребоваться дополнительные меры по теплоизоляции.

**Сэндвич-панели — экономичность решения.** Один из вариантов конструкции быстровозводимых сельскохозяйственных комплексов основан на ис-



пользовании сэндвич-панелей, которые монтируются на каркас из легких металлоконструкций. Так как кровельные сэндвич-панели поэлементной сборки обладают большой несущей способностью, их применение позволяет увеличить пролеты перекрытия до 3–4 м, что упрощает и удешевляет строительство из-за снижения металлоемкости и массы кровельной конструкции.

Практика использования сэндвич-панелей при строительстве подтверждает экономичность такого решения: сельскохозяйственные комплексы, построенные с применением стеновых и кровельных сэндвич-панелей, обходится на 30% дешевле, чем такая же конструкция, возведенная из железобетона, кирпича или пеноблоков.

В числе преимуществ материала – стойкость к влаге и поражению грибами. Сэндвич-панели лучше кирпича, бетона или дерева выдерживают регулярную мойку помещений с помощью автоматов высокого давления, не накапливая при этом влагу. Однако герметичность традиционных трехслойных сэндвичей с минераловатным сердечником хоть и высока, но не стопроцентна: регулярная мойка помещений приведет к нарушению герметичности стыков панелей, что влечет за собой расслоение материала, намокание утеплителя, а в конечном итоге — ухудшение теплосберегающих характеристик и развитие грибковых образований. Снизить проявление таких негативных последствий позволяет использование сэндвич-панелей, минераловатная сердцевина в которых заменена на пенополиуретан или пенополиизоцианурат. Наряду с долговечностью (срок эксплуатации до 30 лет) и устойчивостью к влаге и агрессивным химическим средам, пенополиуретановый наполнитель не представляет никакой опасности для поголовья, в отличие от минеральной ваты, мелкие фрагменты которой могут разлетаться по помещению в результате нарушения герметичности стыков между панелями при частых санобработках.

**Облегченный коровник.** Облегченный коровник несколько лет назад был построен и в СПУ «Мазоловогаз» Витебского района. Двухсекционное здание размером 138×36 м рассчитано на содержание 400 голов. Высота в коньке — 9,54 м. В основе конструкции — стальной каркас с шагом 6 м по боковым стенам. Облицовка выполнена металлопрофилем. Полы в Витебском коровнике выполнены из бетона, бесчердачное перекрытие — из листового металлопрофиля. В качестве утеплителя использованы теплоизоляционные плиты толщиной 100 мм. Во избежание переохлаждения животных бетонные полы покрыты резиновыми матами.

Результаты исследования эффективности функционирования коровника не выявили никаких проблем в эксплуатации здания, связанных с особенностями конструкции.

**Холодные ангары.** Тентовые ангары состоят из сборно-разборного металлокаркаса на болтовом соединении и покрытия из высокопрочной тентовой ткани ПВХ.

Преимуществом тентовой ткани ПВХ является то, что она не поддается коррозии, не реагирует на химикаты, выдерживает температурный режим от – 55 до +70°С, чего не переносят ангары покрытые профлистом. А специальная технология сварки ткани обеспечивает на 100% герметичность.

Преимущества холодных ангаров:

- минимальные сроки возведения;
- сокращение расходов на освещение, благодаря способности ткани пропускать дневной свет;

— при хорошей погоде покрытие подворачивается и таким образом обеспечивается поступление свежего воздуха;

— мобильность конструкции;

— возможность переплавки металла в отличие от железобетона, который в скором времени будет невозможно утилизировать.

Основная задача, которую выполняют конструкции такого типа – защита животных от атмосферных осадков и холодного ветра. Как правило, в них отсутствует принудительная вентиляция, помещение проветривается посредством естественного движения воздуха. В связи с этим температура внутри и снаружи отличается незначительно.

Одной из первых строительство облегченных ангаров с применением ткани ПВХ начала Украина. Здесь еще в 2006 г. были проведены исследования с целью определения возможности использования подобных сооружений в центральных и северных регионах страны.

В Беларуси опыт строительства и эксплуатации сооружений такого типа также имеется, однако будущее тентовых конструкции применительно к строительству пока неизвестно: слишком уж непривычно и подозрительно для белорусов выглядят облегченные фермы.

Технический прогресс и внедрение наиболее совершенной организации производства являются важнейшими условиями повышения производительности труда в сельском строительстве и снижения его стоимости.

Дальнейшие исследования в сельском строительстве должны быть направлены на внедрение научной организации труда; разработку эффективных трудовых процессов; создание высокопроизводительных машин и механизмов с учетом специфики сельского строительства; развитие комплексной механизации и автоматизации работ; совершенствование системы планирования и экономического стимулирования, а также методов материального и морально-го стимулирования труда; разработку положений по социальному планированию и развитию сельских строительных организаций.

#### **Список цитированных источников**

1. Ходанович, Б.В. Проектирование и строительство животноводческих объектов / Б.В. Ходанович. – М.: Агропромиздат, 1990. – 225 с.
2. Ширшиков, Б.Ф. Разработка проектов организации строительства промышленных зданий и сооружений: учеб. пособие / Б.Ф. Ширшиков, Б. Жадановский, С.А. Синенко [и др.] // Ассоциация строительных вузов (АСВ). – 2016. – 128 с.
3. Сукачев, И.А. Организация и планирование сельскохозяйственного строительства / И.А. Сукачев. – М.: Стройиздат, 1974. – 528 с.
4. <http://Elc.baa.by>.
5. <http://www.nestor.minsk.by>.

УДК 624.014.2

**Марчук И.Н.**

**Научный руководитель: проф. Уласевич В.П.**

### **МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ КОМБИНАТОРИКИ И ТЕОРИИ ЧИСЕЛ**

Изложен метод оптимизации конструктивных систем, критерий оценки которых представлен в виде параметрической функции с аргументами, принадлежащими множеству дискретных величин. В отличие от традиционных под-

ходов к поиску экстремума функции цели, метод использует положение комбинаторики и теории чисел.

Кроме того, следует отметить особо, что метод позволяет достичь абсолютной точки экстремума параметрической функции путем замещения начального приближения дискретным множеством аргументов (сортамент и др.), необходимым и достаточным для решения задачи.

Процесс проектирования зданий и сооружений — один из самых ответственных этапов строительства и требует тщательного анализа конструктивных решений несущих систем. Важным аспектом, как на начальной стадии проектирования, так и в последующей детальной проработке отдельных конструкций, является решение проблем оптимального проектирования, позволяющих осуществить выбор наилучшего варианта исполнения в заданных расчетных условиях.

При проектировании стальных конструкций необходимо соблюдать определенные нормами требования, основные из которых — обеспечение несущей способности и эксплуатационной пригодности конструкций, а также некоторые показатели (критерии оценки) проекта, устанавливаемые заказчиком. Такие показатели могут иметь качественный и количественный характер, в последнем случае таковыми могут выступать стоимость объекта, стоимость в совокупности с эксплуатационными затратами, расход материала на изготовление конструкций в совокупности с предпочтениями в выборе конструкций (ограничение сортамента материалов) и т. д.

В традиционном подходе задачу проектирования стальных конструкций решают последовательно. Вначале варьируют и выбирают геометрическую схему сооружения, типы конструкций, затем принимают исполнение для уже выбранного варианта конструкции [2]. Выбор проектного решения осложняется необходимостью принимать во внимание большое количество внешних и внутренних факторов, параметров и переменных, существенно влияющих как на трудоемкость, так и на результат проектирования.

На сегодняшний день существует ряд подходов к оптимизации конструкций и конструктивных решений с использованием ЭВМ, основными из них являются построение алгоритмов автоматизированного проектирования на основе теорий оптимального проектирования и использование минимизации (максимизации) целевой функции по определенному критерию. Такие подходы к решению проектных задач позволяют отыскать оптимальное решение, однако имеют ряд недостатков, таких как сложность реализации, погрешность результата, которая связана с численным решением параметрической оптимизации целевой функции либо с некоторыми допущениями теорий оптимизации.

В данной статье представлен более подробный анализ перечисленных выше решений оптимизации проектирования и приведен альтернативный метод, позволяющий получить численное решение оптимизации целевой функции на основе комбинаторики и теории чисел.

**Анализ методов оптимального проектирования конструкций.** *Алгоритмизация.* Построение алгоритмов автоматизированного проектирования на основе теорий оптимального проектирования представляет собой выявление взаимосвязей между основополагающими геометрическими, физическими параметрами конструкций построение зависимостей, вывод эмпирических формул и т. д., необходимых для решения задачи и автоматизации.

Подобного рода решение задач упрощает проектирование, но не может в полной мере раскрыть возможности оптимизации конструктивного решения, в

первую очередь из-за сложности анализа взаимосвязей между параметрами и, как следствие, применение приближений, условностей и т. д. Во-вторых, подход не может обобщить проектирование конструкций, так как для каждого конструктивного решения необходимо индивидуально проводить анализ взаимосвязи параметров (аргументов). К рассмотренному подходу можно отнести автоматизацию традиционных сложившихся методик проектирования.

**Целевая функция.** Методы оптимизации на основе применения целевой функции используются при проектировании различных типов конструкций и сооружений [2 ÷ 4]. Под оптимальным проектным решением стальной конструкции понимается конструкция с такими параметрами, при которых целевая функция принимает минимальное или максимальное решение. Поскольку на решение задачи накладываются определенные условия, то мы сталкиваемся с задачей определения условного экстремума целевой функции.

Целевую функцию можно представить в следующем виде:

$$K = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n), \quad (1)$$

где  $K$  — критерий оптимальности;

$f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$  — функция, описывающая зависимость между критерием оптимальности и параметрами конструктивного решения;

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  — параметры конструктивного решения.

Функция  $f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$  оптимизируется при условиях и ограничениях некоторых или всех аргументов, которые накладываются нормативными документами. В качестве параметров функции цели выступают геометрические, физические и другие характеристики рассматриваемого конструктивного решения, которые в свою очередь тоже могут являться функциями. Оптимальным называют такое конструктивное решение в допустимой области, в котором целевая функция принимает наименьшее (наибольшее) значение.

Основной проблемой численного решения оптимизации целевой функции с помощью ЭВМ является аналитический характер результатов. Некоторые параметры (аргументы) дискретны, т. е. их функции терпят разрывы, а, следовательно, не дифференцируемы и не интегрируемы. Они заменяются на непрерывные, и, как следствие, результат оптимизации не привязан к сортаменту листовой стали (применительно к составным сечениям конструкций). Следовательно, привязка результатов решения задачи к сортаменту дает погрешность. Еще одной проблемой в описанном методе является сложность решения с математической точки зрения. Существует необходимость задавать начальное приближение значений аргументов, что также может существенно влиять на конечный результат.

**Предлагаемый метод оптимизации целевой функции.** Решение задачи оптимизации сложной целевой функции может быть найдено с помощью положений комбинаторики и аналитической теории чисел. Такой метод оптимизации применим в случае, когда аргументы принадлежат к множеству дискретных значений, т. е. когда функция аргумента прерывиста и не может быть продифференцирована.

Применительно к проектированию стальных конструкций ограничениями будут являться требования нормативных документов, а в качестве аргументов будут выступать геометрические, физические параметры конструкции или системы конструкций. Например, класс стали, сортамент листового или фасонного металлопроката, унифицированные параметры рассматриваемой

системы, шаг прогонов, балок настила, и т. д., следовательно, дискретные множества значений известны. Рассмотрение задачи в обратном порядке делает возможным качественное исполнение оптимизации с пресечением описанных ранее погрешностей.

Представим целевую функцию в следующем виде:

$$K = f(a_i, b_j, c_k, \dots, n_t), \quad (2)$$

где  $K$  — критерий оптимальности;

$a, b, c, \dots, n$  — аргументы функции, так что:

$$a_i \in A, i = 1 \dots |A|; b_j \in B, j = 1 \dots |B|; c_k \in C, k = 1 \dots |C|; n_t \in N, t = 1 \dots |N|;$$

$A, B, C, \dots, N$  — множества дискретных значений аргументов;

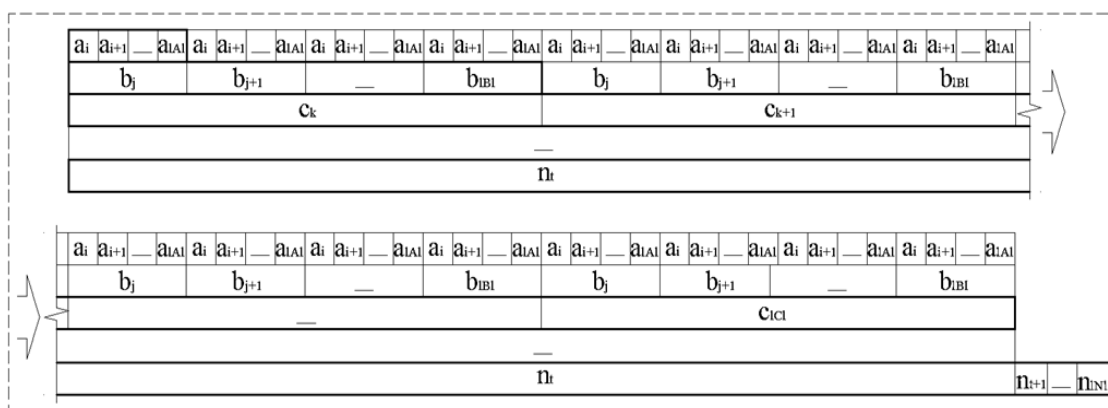
$|A|, |B|, |C|, \dots, |N|$  — соответственно мощности множеств  $A, B, C, \dots, N$ .

Для оптимизации представленной функции предлагаемым нами методом необходимо построить совокупное множество, состоящее из комбинаций подмножеств (множеств аргументов). Далее необходимо произвести корректировку совокупного множества на основе ограничений, образующих целевую функцию. Формирование совокупного множества на основе множеств аргументов представлено на рисунке 1.

Мощность совокупного множества (комбинаций аргументов) определяется как произведение подмножеств:

$$|S| = |A| \cdot |B| \cdot |C| \cdot \dots \cdot |N|, \quad (3)$$

где  $|S|$  — мощность совокупного множества аргументов.



**Рисунок 1** – Формирование совокупного множества на основе аргументов функции  $a, b, c, \dots, n$  из множеств  $A, B, C, \dots, N$  соответственно

Критерий оптимальности вычисляется для каждой комбинации аргументов внутри скорректированного по ограничениям совокупного множества. По вычисленным критериям производится сопоставление комбинаций между собой и выбор наиболее оптимальной в заданных расчетных условиях.

*Рассмотрим пример.*

Дана целевая функция в следующем виде:

$$K = f(a, b, c) = a^2 - 5 \cdot b^2 + 20 \cdot b \cdot c, \quad (4)$$

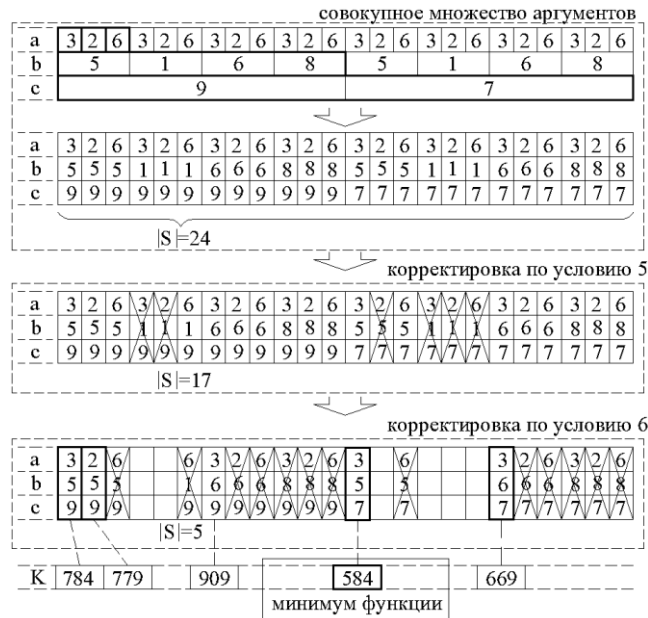
где  $a_i \in A, i = 1 \dots |A|$  — выборка из некоторого множества  $A = 3, 2, 6$  ;

$b_j \in B, j = 1 \dots |B|$ , — выборка из некоторого множества  $B = 5, 1, 6, 8$  ;  
 $c_k \in C, k = 1 \dots |C|$ , — выборка из некоторого множества  $C = 9, 7$  .  
 Необходимо найти минимум функции  $K$  при условиях (5), (6).

$$a + b + c > 14 \quad (5)$$

$$(c - b^2 + a^3)^2 < 290 \quad (6)$$

*Решение.* Для наглядности представим решение в виде схемы (рисунок 2).



**Рисунок 2** – Решение задачи оптимизации целевой функции предложенным нами методом

После формирования совокупного множества аргументов функции  $a, b, c$  описанным выше способом необходимо поочерёдно произвести его корректировку по условиям (5) и (6). Далее вычисляются значения критерия оптимизации  $K = f(a, b, c)$  для каждой комбинации.

Мощность совокупного множества аргументов  $a, b, c$  функции будет равна произведению мощностей выборок  $A, B, C$  :

$$|S| = |A| \cdot |B| \cdot |C| = 3 \cdot 4 \cdot 2 = 24 . \quad (7)$$

Путем сопоставления критерия оптимальности выбирается одна или несколько комбинаций, при которых функция принимает наименьшие значения. Наиболее выгодные комбинации аргументов и будут являться решением задачи в заданных условиях.

**Выводы и дальнейшие перспективы исследования.** Изложенный в статье метод оптимизации сложных конструктивных решений позволяет пресечь недостатки и погрешности традиционных методов и гарантирует самый экономичный вариант из возможных в заданных расчетных условиях при конкретных исходных данных.

На основе комбинаторики и аналитической теории чисел в связке с целевой функцией возможно создание в перспективе методик проектирования конструктивных решений здания зданий и сооружений в целом (в пределах вычислительных возможностей ЭВМ). Формирование совокупного множества аргументов функции, предоставляет возможность включения огромного числа параметров,

определяющих критерий оптимальности. Такой подход позволяет рационально использовать материальные ресурсы, повышая конкурентоспособность отечественной строительной продукции, и применим для любых типов зданий.

**Заключение.** Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Использование положений комбинаторики и аналитической теории чисел упрощает поиск экстремумов параметрической функции;
2. Метод оптимального проектирования максимально объективен, так как исключает проблемы поиска решения задачи, в том числе связанные с анализом взаимосвязи параметров (аргументов) целевой функции;
3. Применение изложенного метода оптимального проектирования позволит повысить эффективность оптимизации сложных конструктивных решений;
4. Метод имеет значительные перспективы, так как применим не только к проектированию конструкций, но и к любой стадии строительного производства.

#### **Список цитированных источников**

1. Ключев, С.В. Оптимальное проектирование стальной пространственной фермы / С.В. Ключев, А.В. Ключев, Р.В. Лесовик // Вестник ТГАСУ. – 2008. – № 1. – С. 74–78.
2. Востров, В.К. Оптимизация высот поясов стенки резервуара / В.К. Востров, А.А. Василькин // Монтажные и специальные работы в строительстве. – 2005. – № 11. – С. 37–40.
3. Пелешко, І.Д. Оптимальне проектування металевих конструкцій на сучасному етапі (огляд праць) / І.Д. Пелешко, В.В. Юрченко // Металлические конструкции. – 2009. – № 1. – Т. 15. – С. 13–21.
4. Лихтарников, Я.М. Вариантное проектирование и оптимизация стальных конструкций / Я.М. Лихтарников. – М.: Стройиздат, 1979. – 319 с.
5. Денисова, А.П. Методы оптимального проектирования строительных конструкций / А.П. Денисова, С.А. Расцепкина. – М.: Изд-во АСВ, 2012. – 216 с.
6. Марчук, И.Н. К автоматизации оптимального проектирования составных сечений металлических конструкций // Сборник научных работ / УО «Брестский государственный технический университет» – Брест, 2015. – 158–161 с.

УДК 624.072.011.

**Мелюх Д.В.**

**Научный руководитель: доцент, к.т.н. Жук В.В.**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СОСТАВНЫХ ДЕРЕВЯНЫХ БАЛОК НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ ПЛАСТИНАХ**

Целью настоящей работы является определение коэффициентов  $k_w$  и  $k_i$ , учитывающих изменение момента сопротивления и момента инерции соответственно деревянных балок составного сечения на металлических зубчатых пластинах (МЗП).

В современных деревянных конструкциях наряду с традиционными механическими крепежными деталями: гвоздями, болтами, винтами, шурупами и т. д. — все чаще находят применение металлические зубчатые пластины, представляющие собой систему зубьев, объединённых общим основанием. При одинаковых условиях сборки МЗП увеличивают несущую способность узлов деревянных конструкций по сравнению с гвоздевым креплением за счет увеличения количества связей на одной и той же площади крепления. С помощью МЗП можно собирать различные деревянные конструкции, большей частью из досок, например: фермы, рамы, каркасы, — сращивать материалы

по длине и ширине, ремонтировать и усиливать существующие конструкции, а также упрочнять дефектные места деревянных деталей, ослабленные сучками, надрезами и трещинами.

Вследствие ограниченного сортамента пиломатериалов при значительных нагрузках, когда несущая способность балок цельного сечения оказывается недостаточной, применяются балки, составленные по высоте из нескольких элементов, соединенных дискретными связями. Средствами соединения между отдельными элементами могут служить пластинчатые нагели, колодки, гвозди, болты. В последние годы для соединения балок составного сечения применяются металлические зубчатые пластины. Так, компания "Systembau Wolf" [1] организовала изготовление балок и элементов рам с использованием брусьев, в том числе в виде призм переменного сечения.

При проверке прочности и жесткости балок составного сечения на податливых связях их моменты сопротивления и моменты инерции, вычисленные как для монолитного сечения, уменьшают умножением соответственно на коэффициенты  $k_w$  и  $k_i$ , значения которых в зависимости от числа сплачиваемых брусьев и пролета балки приведены в таблице 7.3 [2]. Экспериментальными исследованиями составных деревянных балок [3, 4] установлено, что прочность и жесткость конструкций зависит как от геометрических характеристик составного элемента, так и от вида дискретных связей.

Для испытания были изготовлены две балки из древесины сосны 2 сорта с влажностью 12–16%. Контрольный образец (Б1) имел размеры  $b \times h \times l = 52 \times 99,5 \times 2000$  мм. Балка (Б2) изготовлена из двух брусков  $b \times h \times l = 46 \times 47,5 \times 2000$  мм, соединенных между собой с помощью МПЗ с размерами  $60 \times 100$  мм с шагом 260 мм. Запрессовку МЗП выполняли с использованием универсальной испытательной машины Р-10. Давление запрессовки прикладывалось одновременно по всей плоскости МЗП до полного внедрения зубьев в древесину.

Испытания балок кратковременной нагрузкой проводили на специально оборудованном стенде. Две балки опирались на опоры, не препятствующие перемещению их вдоль оси и обеспечивающие свободу угловых перемещений.

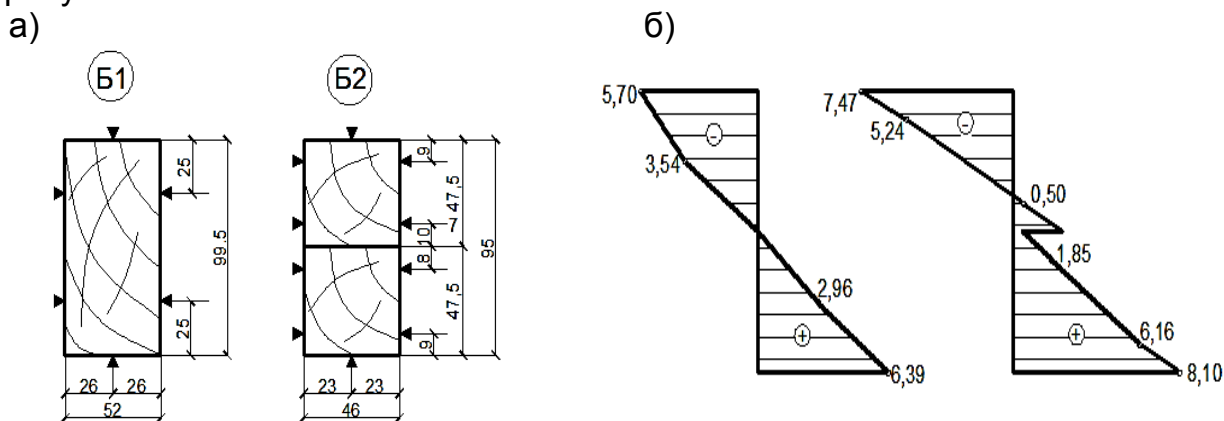
Нагрузку прикладывали в третях пролёта и передавали на балки через распределительные траверсы. Усилия в балках создавали путем приложения к ним нагрузки ступенями  $F = 0,2$  кН и доводили ее до величины  $F = 1,2$  кН, что составляет 53% от расчетной контрольного образца балки (Б1). Общий вид установки приведен на рисунке 1.



**Рисунок 1** – Общий вид испытательной установки



В процессе испытаний проводили измерения прогибов балок в середине пролета с помощью прогибомеров 6ПАО с ценой деления 0,01 мм. На опорных участках балки (Б2) были установлены индикаторы часового типа ИЧ-10 с ценой деления 0,01 мм для измерения сдвига брусков относительно друг друга. Оценку напряженного состояния проводили тензометрическим способом при помощи тензорезисторов с базой 20 мм. Отчёты по тензорезисторам осуществлялись в автоматическом режиме при помощи специального тензометрического комплекса ТИССА. Схема расстановки тензорезисторов приведена на рисунке 2.



**Рисунок 2** – Схема расстановки тензорезисторов (а), распределение нормальных напряжений (в МПа) по высоте поперечного сечения при нагрузке  $F = 1.2$  кН (б)

Распределение нормальных напряжений по высоте поперечного сечения испытанных балок (рисунок 2, б) показывает, что в балке (Б2) в крайних волокнах верхнего бруска, близких к нейтральной оси, появляются растягивающие напряжения, т. е. балка работает как составной элемент.

Величина коэффициента  $k_w$  определялась по формуле:

$$k_w = \frac{\sigma}{\sigma_{ef}}, \quad (1)$$

где  $\sigma = (|\sigma_c| + |\sigma_t|)/2$  и  $\sigma_{ef} = (|\sigma_c| + |\sigma_t|)/2$  — среднее арифметическое максимальных напряжений сжатия и растяжения в сечении цельного и составного элемента соответственно.

Используя данные рисунка 2,б, получим:  $k_w = 0,78$ , что согласуется с нормируемым значением  $k_w = 0,70$  (таблица 7.3 [2]).

Величина коэффициента  $k_i$ , определенная по формуле:

$$k_i = \frac{f}{f_{ef}}, \quad (2)$$

где  $f$  и  $f_{ef}$  — максимальные прогибы в середине пролета балки цельного и составного элемента соответственно, составила:  $k_i = 0,79$  что больше нормируемой величины  $k_i = 0,45$  (таблица 7.3 [2]).

Проведенные испытания показали, что деревянные балки составного по высоте сечения на МЗП могут конкурировать с составными балками на гвоздях и винтах [4]. Полученная величина коэффициента  $k_w = 0,78$  находится в пределах нормируемой величины, равной 0,70 по ТКП 45-5.05-146-2009 (02250). Коэффициент  $k_i$  к моменту инерции поперечного сечения равен 0,71, что в среднем в 1,75 раза выше нормируемой величины  $k_i = 0,45$ . Проведенные экспериментальные исследования поставили ряд задач для дальнейших исследований, а именно:

- изучение влияния шага расстановки МЗП по длине балки на ее несущую способность и деформативность;
- изучение напряженно-деформированного состояния балок, изготовленных из элементов в виде призм переменной высоты.

### Список цитированных источников

1. Вольф-система. Техника со знаком качества. Проспект компании Systembau Wolf.
2. Технический кодекс установившейся практики. Деревянные конструкции. Строительные нормы проектирования: ТКП 45–5.05–146–2009 (02250). – Введ. 01.01.2010. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – 2009. – 63 с.
3. Сморгачев, А.А. Исследования работы составных стержней на дискретных связях / А.А. Сморгачев, А.С. Шевелев // Промышленное и гражданское строительство. – 2009. – №1. – С. 16–17.
4. Жук, В.В. Способы повышения несущей способности деревянных чердачных перекрытий / В.В. Жук // Актуальные проблемы инновационной подготовки инженерных кадров при переходе строительной отрасли на европейские стандарты: сб. Междунар. науч.-техн. статей (матер. науч.-метод. конф.), Минск, 26–27 мая 2015 г. / БНТУ; редкол.: В.Ф. Зверев, С.М. Коледа. – Минск: БНТУ, 2015. – С.89–95.

УДК 51-74

**Наривончик С.Л., Бондарук О.В.**

**Научные руководители: доцент Кофанов В.А., ст. преподаватель Тюшкевич Т.Н.**

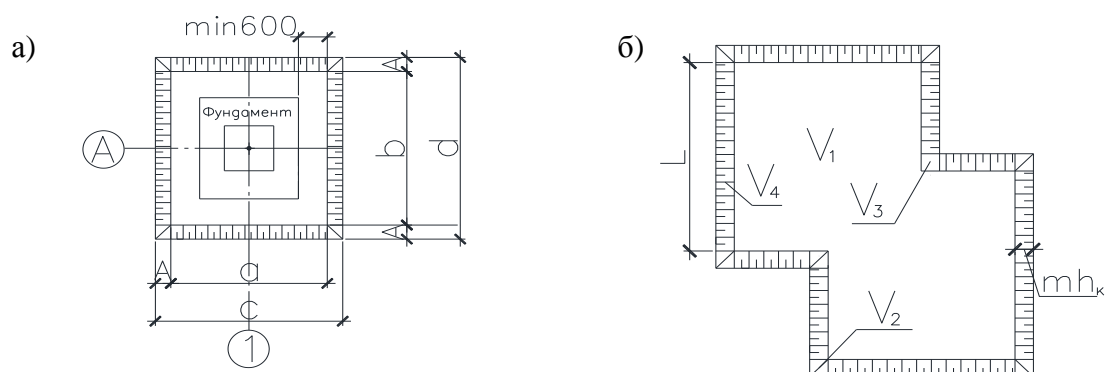
## ОПРЕДЕЛЕНИЕ В МАТНСАД ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОТЛОВАНОВ И ТРАНШЕЙ

Для устройства фундаментов, подземной части здания, сооружения в грунте устраивают выемки: котлованы, траншеи, подземные выработки. Выемка должна быть устойчива к осыпанию, рациональна для выполнения в ней последующих работ, её производство должно иметь минимальные трудозатраты, стоимость ресурсов.

Для определения трудозатрат, продолжительности выполнения работ следует определить объёмы земляных масс [1]. Объём котлована прямоугольной формы  $V_K$  определяется по формуле (рисунок 1а):

$$V_K = \frac{h_K}{6} \cdot [b + c \cdot d + (b + c) \cdot (c + d)], \quad (1)$$

где  $h_K$  — глубина котлована, м.



**Рисунок 1 – Схемы котлованов (а) простой и (б) сложной формы**

При сложной конфигурации (рисунок 1б) в плане котлован расчленяется на простые фигуры и определяется объём каждой фигуры (3)–(6). Вместо формулы (1) используется формула (2):

$$V_K = V_1 + n_2 \cdot V_2 + n_3 \cdot V_3 + n_4 \cdot V_4, \quad (2)$$

где  $V_1$  — объём призмы с основанием по контуру подошвы откоса,  $\text{м}^3$ ;

$$V_1 = F_K \cdot h_K, \quad (3)$$

$F_K$  — площадь котлована по дну,  $\text{м}^2$ ;

$V_2$  — объём углового откоса при внешнем угле,  $\text{м}^3$ ;

$$V_2 = m^2 \cdot h_K^3 / 3, \quad (4)$$

$m$  — коэффициент заложения откоса;

$V_3$  — объём углового откоса при внутреннем угле,  $\text{м}^3$ ;

$$V_3 = 2 \cdot m^2 \cdot h_K^3 / 3, \quad (5)$$

$V_4$  — объём боковых откосов,  $\text{м}^3$ ;

$$V_4 = m \cdot h_K^2 \cdot \Sigma L / 2, \quad (6)$$

$L$  — длина откоса, м;

$n_2; n_3; n_4$  — количество соответствующих углов.

При близком расположении столбчатых фундаментов, ленточных фундаментах для их устройства разрабатываются траншеи. Для производства земляных работ эффективны экскаваторы циклического и непрерывного действия, бульдозеры, скреперы.

Если траншея имеет вертикальные боковые поверхности, объём земляных масс определяется по выражению [1]:

$$V_{TP} = L_{TP} \cdot b_{TP} \cdot h_{TP}, \quad (7)$$

где  $b_{TP}$  — ширина траншеи, м;

$L_{TP}$  — длина траншеи, м;

$h_{TP}$  — глубина траншеи, м.

При наличии заложения боковых поверхностей:

$$V_{TP}^1 = \left( b_{TP} + m \cdot h_{TP} \right) \cdot h_{TP} \cdot L_{TP}. \quad (8)$$

К продольным траншеям часто примыкают поперечные траншеи либо котлованы (рисунок 2). В этом случае следует определить величину наложения объёмов:

$$V_{TP}^2 = \frac{h_{TP}}{6} \cdot \left[ \left( b_{TP} + c \right) \cdot \left( b_{TP} + c \right) + 2 \cdot m \cdot h_{TP} \right] + \left( b_{TP} + 2 \cdot m \cdot h_{TP} \right) \cdot c, \quad (9)$$

где  $a, c$  — размеры примыкающей выемки.

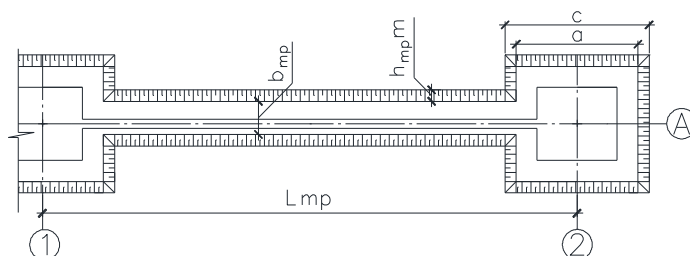


Рисунок 2 – Схема траншеи

Непосредственный объем траншеи (7) с учетом (8) и (9):

$$V_{TP} = V_{TP}^1 - V_{TP}^2.$$

С развитием системы компьютерной математики Mathcad появилась возможность отойти от рутинных расчетов, организовать которые можно разными способами, но каким бы способом вы не пользовались конечная цель расчетов — это отчет по результатам.

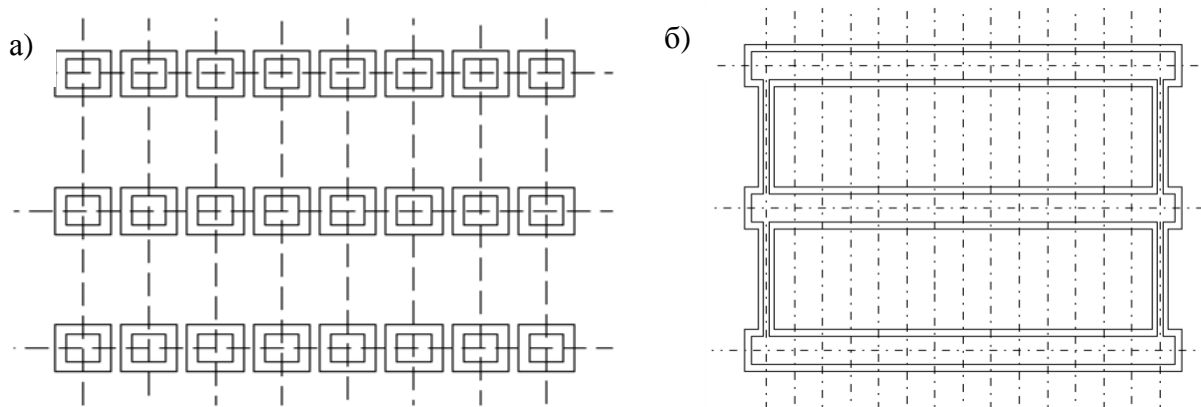
Отчет по результатам, полученным на основе нескольких десятков выражений, составить проще. Выглядеть он будет как шаблон, в котором чередуются комментарии, выражения и ответы с единицами измерения.

Как правило, в Mathcad первая часть шаблона отводится для ввода исходных данных (рисунок 3). Для этих целей используются элементы веб-интерфейса, которые после защиты документа позволяют пользователю манипулировать ими. Вторая часть, отведенная для всех возможных вычислений, скрывается от пользователя с помощью элемента «область» в меню «вставка». В последней части документа размещаются результаты расчета. Причем эти результаты должны обладать максимальной информативностью.

Исходные данные:			
Длина блока	$L = 84$ м		
Пролет здания	$L_{пр} = 30$ м		
Шаг крайних колонн	$B_{кр} = 12$ м		
Шаг средних колонн	$B_{ср} = 12$ м		
Количество пролетов	$n = 2$		
Отметка подошвы фундамента	$h_{ф} = 2.5$ м		
Размеры фундамента в плане под колонну		Ширина подошвы ленточного фундамента	$b_{ф} = 1.2$ м
$L_{ф} = 4.8$ м	$B_{ф} = 4.4$ м	Объем ленточного фундамента	$V_{лф} = 50$ м <sup>3</sup>
Объем столбчатого фундамента	$V_{фк} = 13$ м <sup>3</sup>	Увеличение границы недобора в плане при отсутствии подготовки	$e_{тр} = 0.2$ м
Толщина подготовки	$h_{п} = 0$ м	Толщина опалубки	$b_{оп тр} = 0.2$ м
Увеличение границы недобора в плане при отсутствии подготовки	$e_{к} = 0.2$ м		
Толщина опалубки	$b_{оп к} = 0.2$ м		

Рисунок 3 – Листинг в Mathcad блока начальных данных

Отчет с графическим представлением результатов реализовать гораздо сложнее, хотя в Mathcad для этих целей разработан ряд графиков с широким выбором их настройки. Пример таких графиков приведен на рисунках 4а и 4б. Для отображения графиков часто приходится идти на некоторые хитрости, невидимые для глаз пользователя, использовать разнообразные численные методы, сложные функции, требующие от разработчика вычислительного документа большого опыта.



**Рисунок 4** – Схемы расположения котлованов (а) и траншей (б), выполненные в Mathcad

Разработанный Mathcad-документ позволяет значительно сократить время, отводимое на проведение подобных расчетов, а также подготовить отчет по его результатам для пояснительной записки к проекту.

#### **Список цитированных источников**

1. Пчелин, В.Н. Методические указания к выполнению курсового и раздела дипломного проектов «Разработка технологической карты на производство земляных работ и устройство фундаментов одноэтажного каркасно-панельного здания» / В.Н. Пчелин [и др.] – Брест: БГТУ, 2014. – 89 с.

УДК 539.3

**Олесик Е.С., Пархомук И.П.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Гарбачевский В.В.,  
доцент Веремейчик А.И.**

### **РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ И НЕОПРЕДЕЛИМЫХ БАЛОК В СИСТЕМЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ «MATHCAD»**

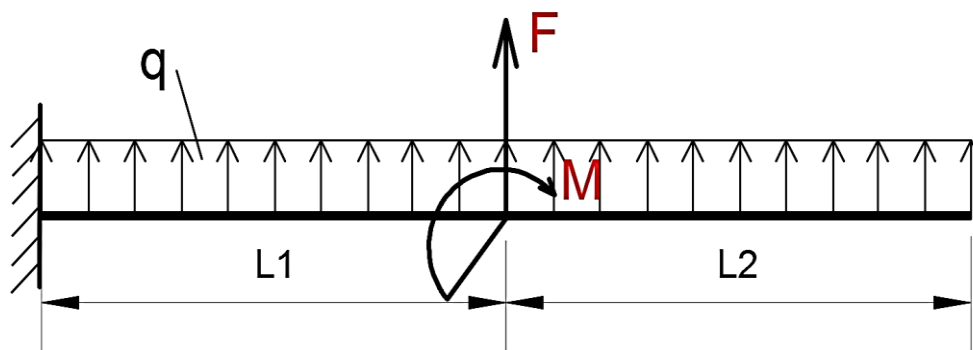
Целью настоящей работы является расчет статически определимых и статически неопределимых балок на основе разработанного метода в СКМ «MathCAD».

Известно, что балки являются одним из основных расчетных элементов в сопротивлении материалов. Расчеты на прочность и жесткость, являющиеся ключевыми при исследовании напряженно-деформированного состояния тел, требуют определения внутренних усилий в произвольном сечении балки, что позволит определить опасные сечения, в которых возможно разрушение. Результаты таких расчетов представляются в виде эпюр. Для простых схем нагружения можно использовать стандартные для высшей школы подходы для построения эпюр: по сечениям или по характерным точкам. Однако для сложных схем нагружения, а особенно статически неопределимых балок, для которых при определении опорных реакций недостаточно одних только уравнений статики, такой подход может вызвать серьезные трудности.

Существующие алгоритмы и компьютерные программы позволяют решать такого рода задачи численно и основаны в основном на методе конечных элементов, а это требует при их использовании определенных инженерных навыков, а для рядовых студентов является затруднительным. Поэтому необ-

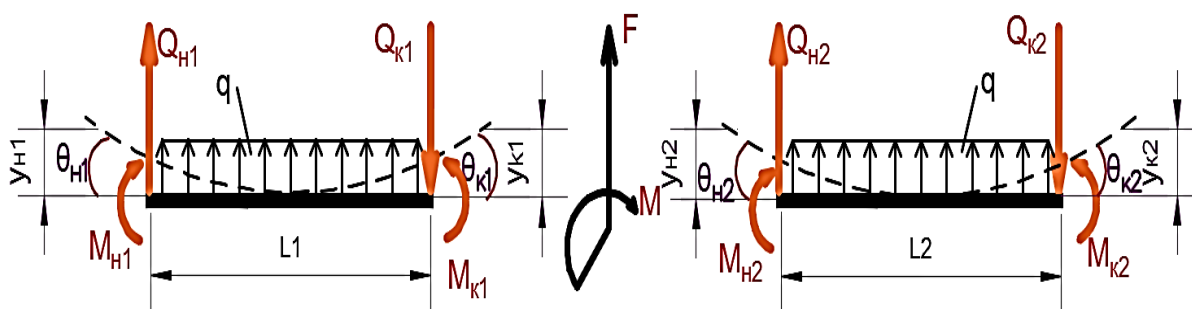
ходима разработка доступных для каждого студента компьютерных программ, позволяющих решать задачи сопротивления материалов по исследованию напряженно-деформированного состояния балочных систем или обеспечивать возможность контроля правильности аналитического расчета внутренних силовых факторов и построения эпюр стандартными способами.

**Построение математической модели расчета балок.** Рассмотрим построение математической модели расчета балок на примере консольной статически определимой балки, изображенной на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Схема балки**

Балка содержит два силовых участка, расчетные схемы которых показаны на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Расчетные схемы силовых участков балки**

Положительные значения для внутренних усилий и геометрических параметров:  $Q$  — при сдвиге отсеченной части балки по часовой стрелке;  $M$  — при растянутых волокнах снизу;  $\theta$  — при повороте против часовой стрелки;  $u$  — при перемещении вверх.

**Составление системы линейных алгебраических уравнений.** На каждом силовом участке четыре пары неизвестных: поперечных усилий, моментов, углов поворота и прогибов, в начале и конце силовых участков. Соответственно, всего имеется  $4 \times 2 \times k$  (где  $k$  — количество силовых участков) неизвестных, для которых требуется составить столько же уравнений.

Можно составить по одному уравнению, связывающему неизвестные в начале и в конце каждого силового участка [1], т. е.  $4k$  уравнений. Так же составим по четыре уравнения для границ силовых участков, т. е.  $(k - 1) \times 4$  уравнений. Характер уравнений будет зависеть от того, чем вызвано появление этой границы. Дополнительно составляем по два уравнения для начала и конца балки. Характер уравнений так же зависит от наличия и способа закрепления на концах.

**Таблица 1** – Характер закрепления

При отсутствии закрепления	При шарнирном закреплении	При замещении	При наличии промежуточного шарнира
$Q_{H2} = Q_{K1} + F$ $M_{H2} = M_{K1} + M$ $\theta_{H2} = \theta_{K1}$ $y_{H2} = y_{K1}$	$y_{K1} = 0$ $M_{H2} = M_{K1} + M$ $\theta_{H2} = \theta_{K1}$ $y_{H2} = y_{K1}$	$y_{K1} = 0$ $\theta_{K1} = 0$ $\theta_{H2} = \theta_{K1}$ $y_{H2} = y_{K1}$	$Q_{H2} = Q_{K1} + F$ $M_{H2} = M_{K1} + M$ $M_{K1} = -M$ $M_{H2} = 0$

Следовательно, всего можно составить уравнений:

$$4k + (k - 1) \times 4 + 2 \times 2 = 8k.$$

Таким образом задача сведена к решению СЛАУ, которое осуществляется при помощи встроенной функции СКМ MathCAD Isolve [2]. Данная функция используется для решения систем линейных уравнений, коэффициенты которых заданы матрицей  $M$ .

Найденные значения внутренних усилий и геометрических параметров на левых концах силовых участков далее используются для построения эпюр  $M$ ,  $Q$ ,  $\theta$  и  $y$ . Для этого составляются дифференциальные зависимости между  $q$ ,  $Q$ ,  $M$ ,  $\theta$  и  $y$ .

Интегрирование соответствующих зависимостей производится встроенными функциями СКМ MathCAD [2].

$$q(z) = \int q'_z dz + C_1, \text{ где } C_1 = q_H,$$

$$q'_z = \frac{d}{dz} q(z) = \frac{q_K - q_H}{z_K - z_H},$$

$$Q(z) = \int q(z) dz + C_2, \text{ где } C_2 = Q_H,$$

$$M(z) = \int Q(z) dz + C_3, \text{ где } C_3 = M_H,$$

$$EI_x Q(z) = \int M(z) dz + C_4, \text{ где } C_4 = EI_x Q_H,$$

$$EI_x y(z) = \int EI_x Q(z) dz + C_5, \text{ где } C_5 = EI_x y_H.$$

### Алгоритм расчета:

1. Составляются по два статических и два геометрических уравнения для каждого силового участка, связывающие значения неизвестных в конце и начале силового участка ( $4 \times k$  уравнений, где  $k$  — количество силовых участков).

2. Составляются по четыре уравнения для каждой границы силовых участков (кроме начала и конца балки) ( $4 \times (k - 1)$  уравнений).

3. Составляются по два уравнения для начала и конца балки, аналогично пункту 2 ( $2 \times 2$  уравнений).

4. Неизвестные переносятся в левые части уравнений, а внешнее силовое воздействие, представленное распределенной нагрузкой, силой и моментом — в правые части уравнений.

5. Выделяются коэффициенты при неизвестных (1 или  $-1$ ) и составляется матрица коэффициентов.

6. Составляется вектор-столбец свободных членов, представляющих правые части уравнений.

7. Разыскивается решение СЛАУ вида  $A \cdot x = B$ , где  $A$  — матрица коэффициентов, — вектор-столбец свободных членов.

8. Найденные неизвестные используются для составления зависимостей  $Q$ ,  $M$ ,  $EI\theta$  и  $Ely$  на каждом силовом участке и построения их эпюр.

**Пример расчета определимой консольной балки.** На основании предложенного алгоритма рассмотрим расчет статически определимой консольной балки, изображенной на рисунке 1.

Балка содержит два силовых участка, расчетные схемы которых показаны на рисунке 2.

Для рассматриваемой балки  $k = 2$  и  $n = 4 \times 2 \times 2 = 16$  уравнений, связывающих неизвестные в начале и в конце каждого силового участка и  $n = 8$ .

Статические и геометрические уравнения для силовых участков:

$$\begin{aligned}
 Q_{к1} - Q_{н1} &= ql_1 & Q_{к2} - Q_{н2} &= ql_2 \\
 M_{к1} - M_{н1} - Q_{к1} \frac{l}{1!} &= q \frac{l^2}{2!} & M_{к2} - M_{н2} - Q_{к2} \frac{l}{1!} &= q \frac{l^2}{2!} \\
 EI\theta_{к1} - EI\theta_{н1} - M_{н1} \frac{l}{1!} - Q_{к1} \frac{l^2}{2!} &= q \frac{l^3}{3!} & EI\theta_{к2} - EI\theta_{н2} - M_{н2} \frac{l}{1!} - Q_{к2} \frac{l^2}{2!} &= q \frac{l^3}{3!} \\
 EIy_{к1} - EIy_{н1} - EI\theta_{н1} \frac{l}{1!} - M_{н1} \frac{l^2}{2!} & & EIy_{к2} - EIy_{н2} - EI\theta_{н2} \frac{l}{1!} - M_{н2} \frac{l^2}{2!} & \\
 - Q_{н1} \frac{l^3}{3!} &= q \frac{l^4}{4!} & - Q_{н2} \frac{l^3}{3!} &= q \frac{l^4}{4!}
 \end{aligned}$$

**Таблица 2** – Системы статических и геометрических уравнений

Начало балки	Границы силовых участков	Конец балки
$y_{н1} = 0$ $\theta_{н1} = 0$	$Q_{н2} = Q_{к1} + F$ $M_{н2} = M_{к1} + M$ $\theta_{н2} = \theta_{к1}$ $y_{н1} = y_{к1}$	$M_{к2} = 0$ $Q_{к2} = 0$

Итого при количестве силовых участков  $k = 2$  будем иметь 16 уравнений с 16 неизвестными, по которым составляется матрица коэффициентов и вектор-столбец свободных членов.

**Таблица 3** – Расположение неизвестных в матрице коэффициентов

1	2	3	4	5	6	7	8
$Q_{н}$	$Q_{к}$	$M_{н}$	$M_{к}$	$\theta_{н}$	$\theta_{к}$	$y_{н}$	$y_{к}$

Решая данную систему, получаем решение в виде вектор-столбца искомых величин: поперечных усилий, моментов, углов поворота и прогибов.

Размерности внутренних силовых факторов и геометрических параметров:  $Q$  — кН,  $M$  — кН/м,  $\theta$  — °,  $y$  — мм.

Эти значения будем использовать далее для составления зависимости  $Q$ ,  $M$ ,  $\theta$ ,  $y$  на каждом силовом участке и построения их эпюр.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-1	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-0.5	0	-1	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	-0.167	0	-0.5	0	-1	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	1	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.5	0	-1	0	-1	1	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.167	0	-0.5	0	-1	0	-1
9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0

1	10
2	5
3	1.667
4	0.417
5	10
6	5
7	1.667
8	0.417
9	0
10	0
11	30
12	20
13	0
14	0
15	0
16	0

**Рисунок 3** – Матрица коэффициентов и вектор-столбец свободных членов



Достоверность результатов можно проверить с помощью существующих программ для расчета балок.

Разработанная программа позволяет рассчитывать на прочность и жесткость одно- и многопролетные статически определимые, а также статически неопределимые балки с любой степенью статической неопределимости и произвольным характером нагружения, в т. ч. с нелинейными распределенными нагрузками, и строить эпюры прогибов, углов поворота, изгибающих моментов и поперечных сил, возникающих в балке от приложенных внешних нагрузок. Разработанная программа позволяет внедрить сортамент прокатных профилей, с использованием которого можно производить проверку и подбор сечения балок.

В перспективе планируется развитие данной методики на расчет плоских статически определимых и статически неопределимых рамных конструкций и разработка комплекса программ для расчета НДС балочных и рамных систем.

#### Список цитированных источников

1. Соппротивление материалов / Н.М. Беляев. – М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1976. – 608 с.
2. Mathcad 15 / Mathcad Prime 1.0 / Д.В. Кирьянов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012 – 432 с.

УДК 51-74

**Острейко Н.А., Пахомский П.В.**

**Научные руководители: доцент Кофанов В.А., ст. преподаватель Хомицкая Т.Г.**

### РАЗРАБОТКА ВСТРОЕННОЙ ФУНКЦИИ МАТНСАД ДЛЯ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ КОНЕЧНО-РАЗНОСТНЫХ УРАВНЕНИЙ ТЕПЛО- И ВЛАГОПЕРЕНОСА

Многие нестационарные физические процессы описываются уравнениями параболического типа. К таким уравнениям относятся и нестационарные уравнения тепловлагопереноса, которые получаются на основании закона Фурье и имеют для одномерных задач следующий вид [1]:

$$\begin{cases} \frac{dH}{dt} \cdot \frac{\partial t}{\partial \tau} = \nabla \left( \lambda \cdot \nabla t \right) + h_v \cdot \nabla \left( \frac{\delta}{\mu_R} \cdot \nabla \varphi \cdot p_{sat} \right) \\ \frac{dw}{d\varphi} \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial \tau} = \nabla \left( D_\varphi \cdot \nabla \varphi + \frac{\delta}{\mu_R} \cdot \nabla \varphi \cdot p_{sat} \right), \end{cases} \quad (1)$$

где  $H$  — энтальпия влажного материала, Дж·м<sup>-3</sup>;

$t$  — температура, °С;

$\tau$  — время, с;

$\lambda$  — коэффициент теплопроводности, Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>;

$h_v$  — удельная теплота парообразования, Дж·кг<sup>-1</sup>;

$\delta$  — коэффициент диффузии пара в воздухе, кг·м·с<sup>-1</sup>·Па<sup>-1</sup>;

$\mu_R$  — коэффициент сопротивления;

$\varphi$  — относительная влажность воздуха;

$p_{sat}$  — давление пара, Па;

$w$  — влагосодержание, кг·м<sup>-3</sup>;

$D_\varphi$  — коэффициент диффузионной проводимости, кг·м·с<sup>-1</sup>.

К сожалению, аналитическое решение уравнений математической физики возможно лишь для весьма ограниченного круга задач. В большинстве случаев решение дифференциальных уравнений (1) в частных производных возможно только с использованием численных итерационных методов.

Суть данных методов состоит в дискретизации дифференциальных уравнений, то есть представлении всех или части производных в виде приближенных выражений (конечных разностей), что позволяет преобразовать дифференциальные уравнения в системы алгебраических уравнений. Для этого рассматриваемая область покрывается координатной сеткой, а все переменные заменяются сеточными функциями. Причем при решении нестационарных задач помимо координатной сетки вводится сетка времени.

$$\begin{cases} c \cdot \rho \cdot \frac{\Delta t}{\Delta \tau} = \frac{\lambda \cdot \Delta t}{\Delta h} + h_v \cdot \frac{\delta}{\mu_R} \cdot \frac{\Delta \varphi \cdot p_{sat}}{\Delta h} \\ w'(\varphi) \cdot \frac{\Delta \varphi}{\Delta \tau} = D_w \cdot w'(\varphi) \cdot \frac{\Delta \varphi}{\Delta h} + \frac{\delta}{\mu_R} \cdot \frac{\Delta \varphi \cdot p_{sat}}{\Delta h}, \end{cases} \quad (2)$$

где  $c$  — теплоемкость материала, Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>;

$\rho$  — плотность материала, кг·м<sup>-3</sup>;

$h$  — шаг сетки, м;

$w'(\varphi)$  — относительная пароемкость материала, кг·м<sup>-3</sup>;

$D_w$  — коэффициент переноса жидкой влаги, м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>.

Дискретизация по времени может быть выполнена по явной или неявной схеме. В случае явной схемы, переменные в новой точке во времени определяются исключительно из значений, уже известных в данный момент времени. Однако устойчивость такого способа зависит от определенных условий, которые в случае малого шага сетки приводят к очень малому шагу по времени. В общем случае, вычислительные усилия, направленные на решение задачи с малым промежутком времени, намного превышают усилия, направленные на более сложные вычислительные процедуры по неявной схеме. Использование неявной схемы сводит задачу к матричному уравнению, так как все переменные должны быть определены одновременно в новый момент времени. Число алгебраических уравнений в полученной системе определяется произведением числа точек координатной сетки на количество независимых переменных в исходных дифференциальных уравнениях. Тем не менее, этот способ устойчив в течение всего промежутка времени.

Для решения конечно-разностных уравнений по неявной схеме можно использовать систему компьютерной математики mathcad. Преимущество данной системы в сравнении со средами, использующими языки программирования, заключается в том, что часть сложных процедур уже реализовано. Такими процедурами, например, являются интерполяция кубическими сплайнами, определение производной функции, решение систем уравнений с помощью обратной матрицы, операции с массивами данных и т. п. Также mathcad позволяет сократить время на разработку и кодирование интерфейса будущей программы.

Опираясь на возможности mathcad, алгоритм создания вычислительного документа будет следующим. Вначале определяем все переменные, функции и их производные из уравнений (2). Далее создаем программный модуль, представленный на рисунке 1, в котором текст заменяем на операции по формированию матрицы и вектора, состоящих из коэффициентов при неизвестных ( $t$  и  $\varphi$ ) и свободных членов системы уравнений, записанных для каждой точки координатной сетки.

```

tab := V ← TФ
      VV ← V
      for j ∈ 1..10
        for k ∈ 1..10
          "коэффициенты для первых двух уравнений"
          for z ∈ 1..n - 1
            "коэф-ты для уравнений"
            "средних точек"
            "коэф-ты для последних двух уравнений"
            V ← M-1·B
          VV ← augment(VV, V)
        TФ ← V
      VV

```

**Рисунок 1** – Программный модуль в MathCAD для решения конечно-разностных уравнений по неявной схеме

Полученный в результате работы программного модуля массив содержит значения температуры  $t$  и относительной влажности  $\varphi$  в каждый момент времени. Это позволяет построить график изменения влагосодержания  $w$  по толщине материала (рисунок 2) в любой расчетный момент времени, а также используя встроенный инструмент «анимация», увидеть изменения этого графика во времени.

При создании расчетов в Mathcad, несмотря на всю его вычислительную мощь и наличие встроенного языка программирования, иногда требуется применение традиционных языков программирования, таких как C++. Необходимость его использования может быть продиктована желанием ускорить расчеты, что связано с тем, что язык программирования Mathcad является интерпретируемым, а не компилируемым, что может привести к снижению скорости расчетов на порядок [2].

Очень удобным и мощным инструментом Mathcad, напрямую связанным с «настоящим» традиционным программированием, является перевод пользовательских функций в разряд встроенных через механизм DLL (Dynamic Link Library). Кроме того, данный инструмент открывает возможность использования в среде Mathcad функций Windows, недоступных напрямую.

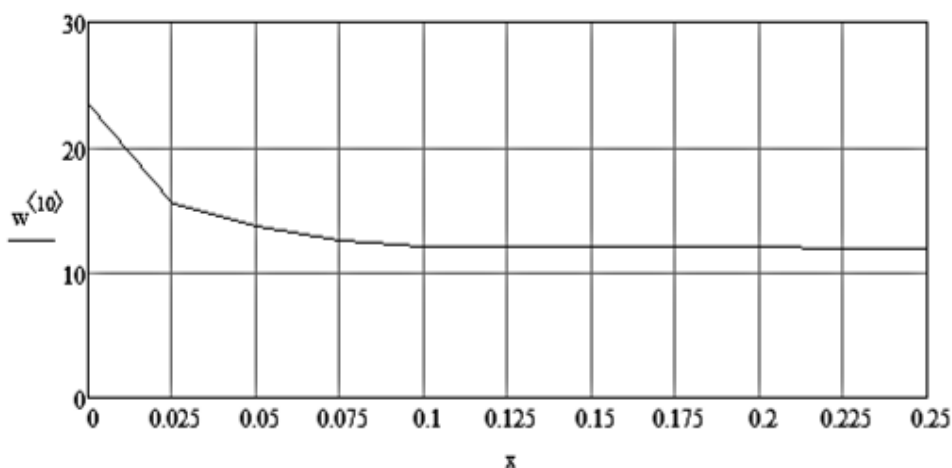
Для создания встроенной функции Mathcad на C/C++ требуется выполнить семь шагов:

1. Создать заготовку проекта, в которую в дальнейшем будем вносить изменения.
2. Подключить к проекту специальные заголовочный и библиотечный файлы, идущие в комплекте поставки Mathcad.
3. Создать и заполнить массив (таблицу) сообщений ошибок, могущих возникнуть при вызове встроенной функции.
4. Написать непосредственно код функции по некоторым правилам, определенным в механизме Unified Extensible Firmware Interface (UEFI).
5. Создать и заполнить структуру, описывающую пользовательскую функцию для ее подключения к Mathcad.
6. Написать код регистрации таблицы сообщений об ошибках и встроенной функции.
7. Создать специальный файл с описанием пользовательской функции для отображения информации о ней в диалоговом окне «Вставка функции».

В качестве среды для написания кода на языке программирования C++ использовалась Visual Studio Community (VSC).

Одной из негативных особенностей СКМ Mathcad является то, что она не позволяет для сторонних разработчиков при написании кода на C++ получить доступ к своим функциям. Поэтому процедуру необходимо было дополнить кодами для интерполяции кубическими сплайнами и для решения системы уравнений методом прогонки.

В результате описанных действий в СКМ Mathcad стало возможным подключить функцию, которая позволяет с легкостью получить результаты решения уравнений тепловлагопереса, показанные, например, на рисунке 2.



**Рисунок 2** – График влагосодержания по толщине материала

#### **Список цитированных источников**

1. Kunzel, H.M. Calculation of heat and moisture transfer in exposed building components // H.M. Kunzel, K. Kiessl / Heat mass transfer. – 1997. – V. 40. – № 1. – P. 159–167.
2. Очков, В.Ф. Mathcad 14 для студентов и инженеров: русская версия / В.Ф. Очков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.

УДК [69.059:332.6](043.3)

**Подлужная А.А.**

**Научный руководитель: ст.преподаватель Белоглазова О.П.**

### **МЕТОДЫ УЧЕТА ИЗНОСА ПРИ ОЦЕНКЕ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ**

Целью настоящей работы является изучение и анализ существующих методов учета износа при оценке и эксплуатации объектов недвижимости.

Рынок недвижимости — это механизм, обеспечивающий взаимодействие физических или юридических лиц с целью обмена имеющихся прав на недвижимость на деньги либо другие активы. Рынок недвижимости является составной частью рынка инвестиций и представляет его реальный сектор, функционирующий параллельно с сектором финансовых инвестиций [1].

Недвижимость является одним из способов вложения капитала с целью сохранения и/или возрастания его стоимости и получения дохода. Таким образом, сделки с недвижимостью имеют все признаки инвестиционного процесса и, соответственно, требуют определения сроков инвестиций, а также размеров, формы и уровня рисков, связанных с вложением. Риск износа объектов заключается в том, что доходность недвижимости может снизиться за счет физического износа и старения.

В теории оценки различают три вида износа: физический, функциональный и внешний. При этом физический и функциональный износы, определяющие полезность актива, зависят от физических характеристик и доходных свойств самого объекта: материалов и архитектурно-планировочных характеристик объекта. А внешний износ зависит от окружения и экономики среды, в которой находится объект. Другими словами, физический износ и функциональный износ зависят от свойств самого актива, а внешний — от свойств внешней среды.

В практике оценки объектов недвижимости сложилось три подхода: затратный, сравнительный и доходный. В каждом из них износ объекта учитывается различным образом. Рассмотрим подробнее эти подходы.

**Учет фактора износа в затратном методе оценки.** Затратный подход доминирует на тех рынках, где рыночные сделки очень редки по причине либо низкого уровня торговой активности, либо где информация о реальных ценах сделок недоступна и оценщики не имеют другой альтернативы, кроме как полагаться на затратный подход.

Затратный подход к оценке недвижимости определяет ее стоимость как сумму остаточной или восстановительной стоимости зданий и земельного участка. Он основывается на сравнительном анализе, который в данном случае позволяет определять затраты, необходимые для воссоздания объекта недвижимости, представляющего точную копию оцениваемого объекта или замещающего его по назначению. Рассчитанные затраты корректируют на фактический срок эксплуатации, состояние и полезность оцениваемого объекта [1].

Для того, чтобы точно представлять, в какой степени учет физического износа влияет на итоговую стоимость, необходимо рассмотреть общий порядок расчета при применении затратного подхода:

1. Оценка стоимости участка земли как свободного с учетом наиболее эффективного использования —  $V_L$ .

2. Оценка стоимости воспроизводства или стоимости замещения для зданий и сооружений объекта оценки на действительную дату оценки —  $C_B$  ( $C_3$ ) или  $V_B$ .

3. Оценка косвенных издержек, имеющих место в период после окончания строительства и до достижения первоначально свободным зданием рыночного уровня занятости и обустройства —  $1C$ .

4. Оценка подходящей для данного проекта величины предпринимательской прибыли —  $ПП$  или  $EP$ .

5. Оценка величины общего накопленного износа зданий и сооружений —  $I_{\text{нак}}$  или  $AD$ .

6. Определение внешнего удорожания как увеличения стоимости объекта оценки за счет внешних факторов —  $EA_x$ .

7. Оценка рыночной стоимости полного права собственности на недвижимость:

$$V = V_L + V_e + EP + IC + EA_x - AD \quad (1)$$

*По учету фактора износа в затратном подходе оценки можно сделать следующие выводы:*

— Затратный подход имеет определенные ограничения при оценке объектов со значительным сроком службы из-за трудностей с измерением величин накопленного износа.

— В целом, можно сделать вывод о том, что при определении физического износа в процессе оценки объекта недвижимости затратным методом, всегда

существует риск неточности или даже допущения ошибок в получаемых результатах величины износа, что в свою очередь, приведет к уменьшению достоверности результатов оценки стоимости.

**Учет фактора износа в сравнительном методе оценки.** В основе метода лежит предположение о том, что рыночная стоимость объекта оценки связана с ценами на сопоставимые конкурирующие объекты-аналоги. Тогда, анализируя отличия факторов, характеризующих передаваемые имущественные права, мотивацию сторон сделки, условия финансирования, дату сделки, физические (в том числе, степень износа) и экономические параметры объекта, местоположение, можно смоделировать корректную рыночную стоимость объекта оценки.

Расчет стоимости сравнительным методом производится в следующей последовательности [3, 4]:

- исследование рынка;
- анализ и отбор информации по объектам-аналогам;
- определение единиц сравнения;
- сравнение объекта оценки с объектами-аналогами;
- выбор элементов сравнения;
- выбор методов расчета стоимости;
- выбор методов расчета корректировок;
- расчет корректировок по элементам сравнения;
- корректировка цен (стоимости) объектов-аналогов;
- определение итоговой стоимости объекта оценки.

В целом в расчетах используют методы, которые можно разбить на две группы: методы количественного анализа и методы качественного анализа.

*Методы количественного анализа* — основаны на сопоставлении количественных характеристик объекта оценки и объекта-аналога, определении итоговой стоимости путем внесения корректировок.

*Методы качественного анализа* — основаны на сопоставлении качественных характеристик объекта оценки и объекта-аналога, определении итоговой стоимости как среднего значения цен двух объектов-аналогов, наиболее близких к объекту оценки по элементам сравнения:

*По учету фактора износа в сравнительном методе оценки можно сделать следующие выводы:*

— Сравнительный подход основан на зависимости рыночной стоимости оцениваемого объекта от цен объектов недвижимости, сопоставимых с ним по элементам сравнения. При этом искомая стоимость находится через анализ данных элементов сравнения с последующим ее моделированием.

— Информация для оценки объекта недвижимости собирается в процессе исследования рынка. При этом, чем больше будет найдено объектов-аналогов, тем достовернее должен быть результат. При определении корректировки на износ могут быть использованы следующие источники информации: укрупненные показатели восстановительной стоимости (УПВС), проектно-сметная документация объекта оценки и объекта-аналога, цены строительного рынка, рынка ремонтных работ и другая достоверная информация.

— Износ объекта недвижимости в данном подходе является элементом сравнения группы «физические характеристики». При этом, в зависимости от метода, он может быть выражен в качестве корректировки следующими способами:

- а) количественно, как стоимость устранения износа;
- б) количественно, как относительная величина от стоимости объекта оценки;
- в) качественно (через понятия лучше, аналогично, хуже);
- г) через показатель года постройки (капитального ремонта или реконструкции), который согласно п. 11. 12.6 [3] является взаимосвязанной корректировкой по отношению к износу и может быть использован вместо него.

**Учет фактора износа в доходном методе оценки.** Доходный подход определяет рыночную стоимость недвижимости как сумму доходов, которые оцениваемый объект может принести в будущем, скорректированную на риск их недополучения. Оценка основана на прогнозировании будущих доходов, генерируемых объектом, и анализе связанных с ним рисков, которые могут спровоцировать несоответствие фактических доходов с величиной, рассчитанной на дату оценки [1].

Определение стоимости объекта недвижимости методом капитализации по норме отдачи производится по формуле:

$$V = \sum_{t=1}^n \frac{NOI_t}{(1+r_t)^t} + \frac{REV_n}{(1+r_n)^n}, \quad (2)$$

где  $V$  — стоимость объекта недвижимости;

$NOI$  — годовой чистый операционный доход (далее ЧОД) по объекту недвижимости в году  $t$ ;

$r_{t(n)}$  — норма дисконтирования в году  $t$  ( $n$ );

$REV_n$  — реверсия в году  $n$ ;

$t$  — расчетный период от 1 до  $n$ ;

$n$  — срок прогноза.

Оценка стоимости в доходном подходе осуществляется в следующем порядке:

- сбор и анализ информации;
- выбор метода расчета стоимости;
- расчет потенциального или действительного валового дохода либо расчет годового ЧОД;
- составление моделей прогноза;
- определение общего коэффициента капитализации или нормы дисконтирования, или мультипликатора валового годового дохода.

В статье [4] автор, который является практикующим оценщиком 1-й категории отдела оценки бизнеса РУП «Институт недвижимости и оценки», приводит формулу для нахождения нормы дисконтирования в следующем виде:

$$r = r_0 + \sum_{i=1}^k r_i, \quad (3)$$

где  $r_0$  — безрисковая норма;

$r_i$  — премия за  $i$ -й тип риска из полного набора  $k$  типов рисков, характерных для объекта недвижимости.

При этом автор выделяет следующие типы рисков:

- региональные риски, которые вызваны внешними причинами, косвенным образом влияющими на рынок недвижимости;
- индивидуальные риски, позволяющие учесть характерные особенности конкретного объекта недвижимости.

Среди наиболее значимых индивидуальных рисков автор [4] выделяет риск рынка недвижимости; риск низкой ликвидности недвижимости; риск управления недвижимостью; *риск износа*.

Риск износа в данном случае трактуется как специфический риск рынка недвижимости и рассматривается также только для краткоживущих конструктивных элементов объекта недвижимости с той позиции, что долгоживущие конструкции мало влияют на арендную ставку.

В учебном пособии [5] формула для расчета нормы дисконтирования имеет вид:

$$i = R_f + R_{inf} + R_{risk} + R_{л} + R_{cmp} , \quad (4)$$

где  $i$  — норма дисконтирования;  $R_f$  — безрисковая ставка;  $R_{inf}$  — инфляционный риск;  $R_{risk}$  — предпринимательский риск;  $R_{л}$  — риск ликвидности;  $R_{cmp}$  — страновой риск (при необходимости).

Иными словами, предпринимательский риск согласно [4] включает в себя как внутренние так и внешние факторы. В данном случае риск износа является составной частью общего предпринимательского риска.

*По учету фактора износа в доходном методе оценки можно сделать следующие выводы:*

— Доходный подход требует от оценщика знаний рыночной информации о занятости помещений и емкости рынка, уровне арендной платы, эксплуатационных расходах, ожидаемых ставках доходности, а также конкурентного потенциала по конкретному рынку недвижимости.

— Технический кодекс [2] предоставляет оценщику высокую степень свободы в выборе видов премий за риски при условии их обоснования должным образом в отчете об оценке, что позволяет в полной мере учесть особенности конкретного объекта оценки.

— При расчете затрат на замещение учитываются только краткоживущие конструктивные элементы объекта оценки, причем используются методы расчета амортизации, т. е. не берется во внимание реальное техническое состояние объекта недвижимости на момент оценки, что это снижает качество получаемых результатов оценки.

— В методе расчета нормы дисконтирования, предложенном автором в статье [5], при расчете риска износа, не учитываются долгоживущие элементы, в силу того что они мало влияют на арендную ставку, которая является исходным показателем доходного метода оценки.

#### **Список цитированных источников**

1. Иванова, Е.Н. Оценка стоимости недвижимости: учебное пособие / Е.Н. Иванова; под ред. д-ра экон. наук, проф. М.А. Федотовой. – М.: КНОРУС, 2007. – 344 с.

2. Оценка стоимости объектов гражданских прав. Оценка стоимости капитальных строений (зданий, сооружений), изолированных помещений, машино-мест как объектов недвижимого имущества: ТКП 52.3.01-2015 (33520). – Минск: Госкомимущество, 2015. – 92 с.

3. Оценка стоимости объектов гражданских прав. Оценка стоимости жилых домов, садовых домиков (дач) и жилых помещений, за исключением объектов незавершенного строительства: ТКП 52.3.02-2015 (33520). – Минск: Госкомимущество, 2015. – 107 с.

4. Малащук, Е. Универсальный объективный метод расчета нормы дисконтирования, применяемой в оценке недвижимости / Е. Малащук // Земля Беларуси. Научно-производственный журнал. – 2011. – №2. – С.18-25.

5. Варламов, А.А. Оценка объектов недвижимости: учебник / А.А. Варламов, С.И. Комаров; под ред. А.А. Варламова. – М.: Форум, 2010. – 288 с.



## **ЭКОНАПРАВЛЕННАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ КРУПНОПАНЕЛЬНОГО МНОГОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ФОНДА**

Целью данной работы является рассмотрение эконаправленной реконструкции как наиболее прогрессивного способа качественного изменения крупнопанельного многоэтажного жилья, а также изучение особенностей его применения. Жилые дома, возведенные индустриальным способом в период с пятидесятых по девяностые годы двадцатого века, создают крупную проблему для постсоветских городов. Эти здания представляют собой морально и физически устаревшую среду, не способную выдерживать современные градостроительные требования. По разным данным доля крупнопанельных домов в общей структуре города составляет 50% и более. В мировом опыте по решению проблем застроенных крупнопанельным жильем территорий можно выделить два основных направления преобразования жилой среды: экстенсивный и интенсивный методы. Экстенсивный метод является более радикальным и заключается в сносе отдельных ветхих и аварийных зданий или же целых микрорайонов. К интенсивному методу можно отнести любое качественное изменение крупнопанельных домов массовых серий: от санации до полной реконструкции. Реконструкция жилищного фонда представляет собой непрерывный процесс преобразования и обновления застройки с целью создания комфортных условий для жизни человека и обеспечения возможностями самореализации и развития. Для того чтобы шагать в ногу со временем необходимо соответствовать не только возрастающим требованиям и новым функциям, но и приобретенному в последнее десятилетие стремлению человека к гармонии с природой. Поэтому на данном этапе развития общества реконструкция это не изменение здания с целью решения проблем физического износа, а целый комплекс мероприятий, направленный на решение проблем, связанных с моральным и физическим износом жилого фонда, соответствием экологическим требованиям, требованиям энергоэффективности и ряду других требований, предъявляемых современным обществом. По мнению автора, наиболее современным подходом является эконаправленная реконструкция – это изменение параметров существующего неэкологичного объекта с приведением его и окружающей среды в состояние экологичности, в том числе равновесия с окружающей средой [1]. Эконаправленная реконструкция должна включать в себя качественное изменение не только объектов, но и входящих в их состав ландшафтов. Такой вид реконструкции является одним из наиболее рациональных путей улучшения экологической обстановки и создания среды более высокого качества.

Минимальной необходимой частью эконаправленной реконструкции является санация. В сегодняшнем понимании санация — это работы по улучшению физических характеристик зданий в соответствии с современными нуждами населения. Санация представляет собой необходимый минимум работ по улучшению жилых домов и качества жизни в них. При этом все мероприятия по санации можно разделить на две группы — первостепенные (утепление кровель и чердаков; утепление фасадов; замена окон и балконных дверей; утепление перекрытий подвалов; обновление систем отопления и горячего водоснабжения; обновление системы вентиляции) и второстепенные

(гидроизоляция кровель; замена сантехнического оборудования; обновление систем электроснабжения; пристройка новых или обновление балконов и лоджий; ремонт лестничных клеток; создание архитектурно выразительных входов в здание; обновление входных дверей в квартиру).

Примером проведения массовой санации зданий является Германия с принятыми ей в 2002 и 2006 годах программам «Реконструкция городов — Восток» и «Реконструкция городов — Запад». На данный момент в Восточной Германии санировано более 70% панельных домов. Исходя из энергетического состояния панельных строений в Восточной Германии, можно проанализировать, что реальная экономия расхода энергии на отопление при санации жилого фонда составляет от 30% до 70% [2]. По данным, предоставленным немецкими специалистами, для того, чтобы добиться соответствия стандарту энергоэффективности в Германии, на санацию достаточно потратить лишь 30% от суммы, необходимой для сноса и последующего возведения новых домов. Однако изменение панельного дома невозможно в отрыве от сложившейся ситуации. Инфраструктура и благоустройство так же морально устарели, как и сами здания. Поэтому необходима масштабная реновация среды — составная часть эконоправленной реконструкции, направленная на создание качественно нового пространства для жизнедеятельности.

Реновация — процесс строительных работ, направленный на улучшение технических характеристик зданий, сооружений и среды, с применением современных технологий и заменой устаревших объектов на новые. Реновация среды может быть достигнута следующими мерами:

— создание более выразительного и уникального архитектурного образа квартала, так называемого «духа места» [3];

— увеличение и улучшение количества пешеходных связей, освобождение пространства дворов от автомобилей;

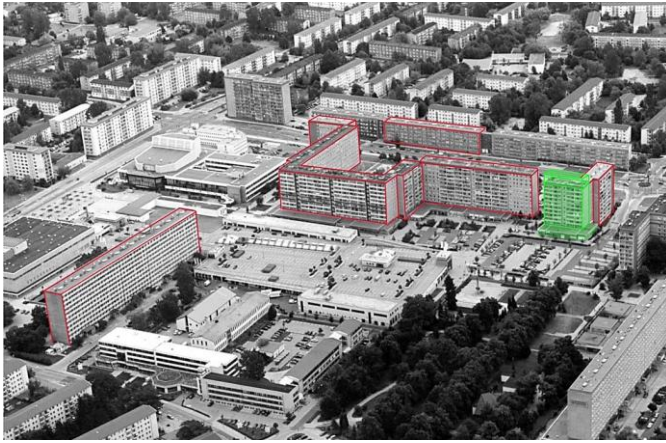
— подстраивание микрорайонов под нужды основного состава населения (актуально создание большего количества медицинских помещений, устройство безбарьерной среды и т. п.);

— грамотное озеленение и благоустройство, также реконструкция ландшафтов;

— деление пространства на общественное и частное, которое может достигаться за счет выделения на первых этажах общественной функции, создания закрытых (не транзитных) кварталов, выделение людям, живущим на первом этаже, небольшого огороженного участка;

— создание активной среды путем обновления фасадов.

Примеры реновации среды можно также увидеть в программе по реконструкции немецких городов. Именно сочетание санаций крупнопанельного жилого фонда и реновации его жилой среды экологичными путями можно назвать эконоправленной реконструкцией. Самым ярким примером этого сочетания является Lausitztower, Хойкрсверд (Германия). Реконструкция данного объекта проходила в период с 2003 по 2007 год. Целью проекта по реконструкции жилого дома было не только провести полную санацию, но и сделать пристройку мансардного этажа, поработать над ландшафтом и фасадом здания [4]. При качественном преобразовании среды вокруг этого здания был использован не только интенсивный метод, представленный реновацией среды, но и экстенсивный метод представленный сносом морально и физически изношенных, не подлежащих реконструкции соседних панельных домов. Использование современных методов изменило здание не только технически, но и морально.



**Рисунок 1 – Lausitztower, Хойкрсверд, Германия**

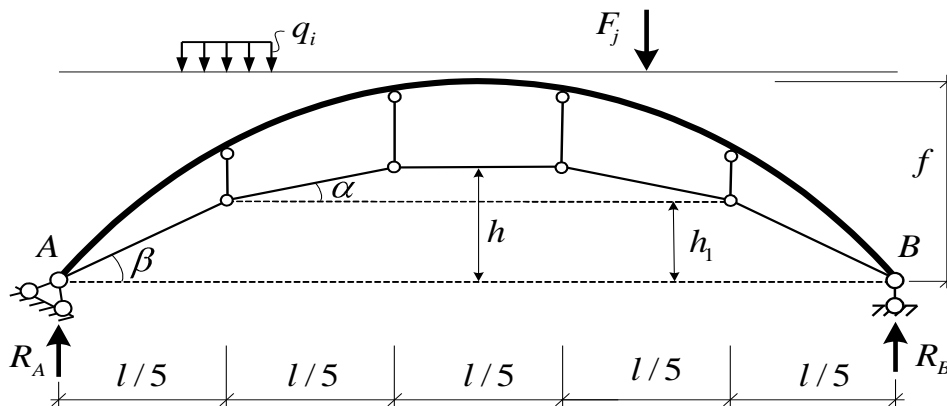
Что касается ситуации в Беларуси, то на данный момент нет комплексного подхода в урегулировании проблемы развития старого панельного жилья. Чаще всего данная проблема решается точечно и с минимумом средств. Можно заметить, что основу преобразований составляют санации, направленные на энергосбережение и проводимые в отрыве от среды. Реновация среды второстепенна и представляет собой улучшение дорожных покрытий и замену оборудования детских площадок. Такой подход можно объяснить особенностью нашего социокультурного пространства. Для людей, начиная с индустриальной политики массового жилищного строительства, первично их непосредственное окружение — квартира. Поэтому в настоящее время людям тяжелее принимать новшества организации и реорганизации пространства и осознавать собственную важность в его функционировании. Эконаправленная реконструкция — оптимальное решение сложившейся ситуации. Анализ мирового опыта в эконаправленной реконструкции показывает, что при грамотном подходе к оценке жилого фонда и принятии во внимание особенности белорусского социокультурного пространства можно создать благоприятную и здоровую среду, экологичность которой будет зависеть от самих жителей. Экологически направленное воспитание стоит вводить в общеобразовательную систему, начиная с детских садов и общеобразовательных школ, так как именно молодое поколение наиболее восприимчиво к среде обитания и способно влиять на старшие поколения и ориентироваться на устойчивое развитие городов.

#### **Список цитированных источников**

1. Тетиор, А.Н. Социальные и экологичные основы архитектурного проектирования: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.Н. Тетиор – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 240 с.: ил.
2. Санация зданий как решение проблемы модернизации жилищного фонда. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fasadinfo.ua/articles/market/1618>. – Дата доступа: 08.05.2017
3. Полянская, Е.Р. Безопасность и комфорт архитектурной среды пригородных районов / Е.Р. Полянская, Ю.С. Янковская // Новые идеи нового века – 2015. – Том 2.
4. Модернизация панельных зданий. Опыт Германии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gross-siedlungen.de/de/media/pdf/3134.pdf>. – Дата доступа: 08.05.2017.

## О ВЛИЯНИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И ЖЕСТКОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ВЕЛИЧИНУ УСИЛИЙ В ДВУХШАРНИРНЫХ АРКАХ С ПОДВЕСНОЙ ЗАТЯЖКОЙ

Рассматривается расчет двухшарнирных арок переменного сечения с подвесной затыжкой (рисунок 1) на действие вертикальных неподвижных нагрузок методом сил [1] с учетом поперечных и продольных деформаций. Расчётные зависимости получены в работе [3], на основе которых составлен алгоритм расчёта и компьютерная программа в системе MathCAD.

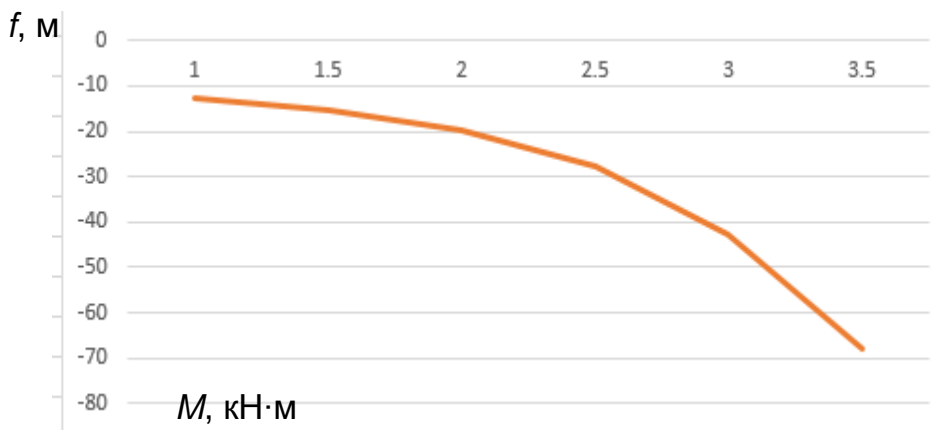


**Рисунок 1**

На основе полученных теоретических зависимостей выполним анализ результатов расчёта и влияния геометрических и жесткостных параметров на величину усилий в рассматриваемой арке.

Исследования выполнялись для арки пролётом  $l = 10$  м при действии равномерно распределённой нагрузки  $q = 2$  кН/м с величинами жесткостных параметров:  $EI = 1000$  кН·м<sup>2</sup>,  $GA = 9615$  кН,  $EA = 25\,000$  кН.

На рисунке 2 представлена зависимость изгибающего момента в одном из сечений арки ( $x = 6$ ) от уровня расположения подвески при  $f = 4$  м, анализ которой показывает, что с увеличением высоты расположения затыжки изгибающие моменты растут. При изменении высоты подвески от 1 м до 3,5 м изгибающий момент возрастает с 12,6 до 68,1 кН.



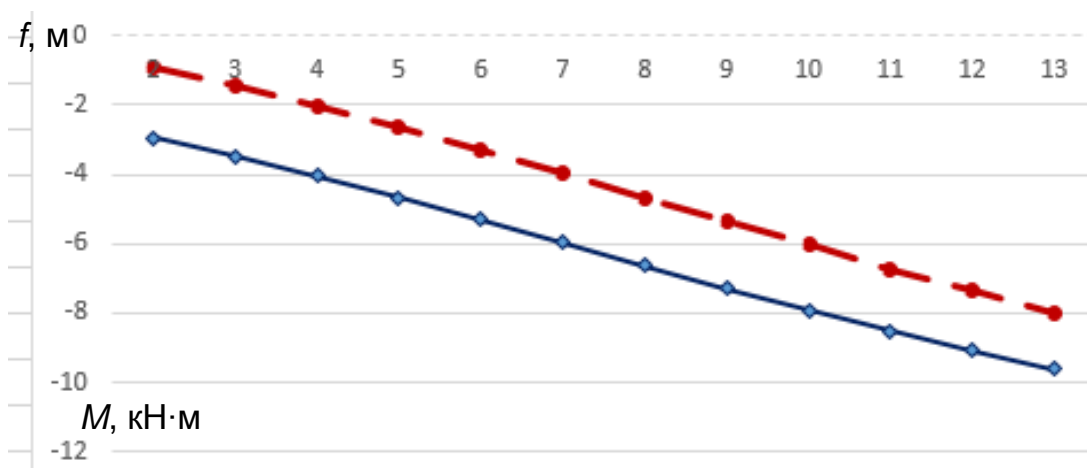
**Рисунок 2**

Влияние стрелы подъёма  $f$  и поперечных и продольных деформаций на значения изгибающих моментов и продольных сил в сечении арки при  $x = 6$  при неизменной величине  $f-h$ , равной 1 м, представлены в таблице 1, где: в столбцах В и С показаны значения изгибающих моментов с учётом и без учёта поперечных и продольных деформаций; в столбцах D и E — значения продольных сил с учётом и без учёта поперечных и продольных деформаций; в столбцах F и G — величины расхождений изгибающих моментов и продольных сил при учёте и без учёта поперечных и продольных деформаций в процентах.

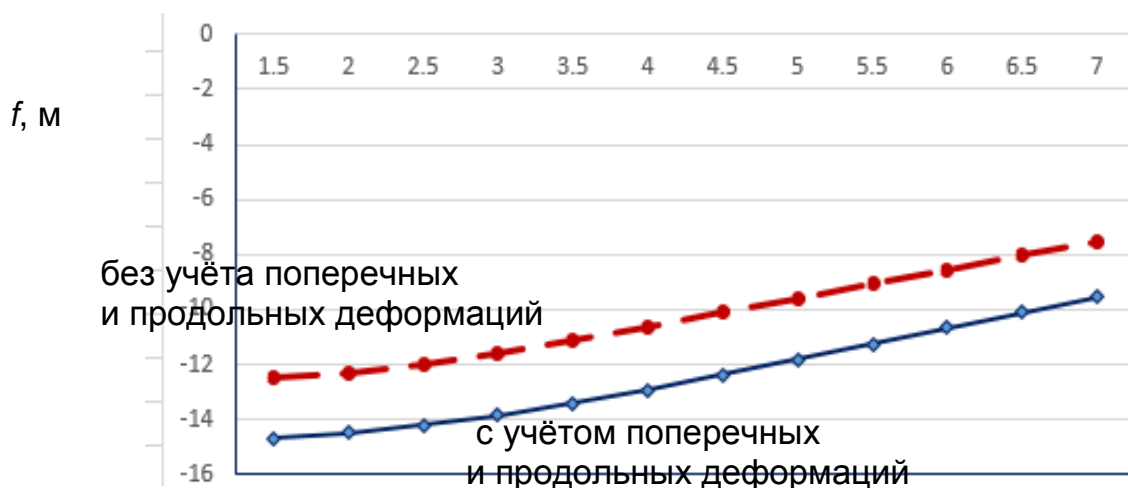
**Таблица 1** – Влияние стрелы подъёма  $f$  и поперечных и продольных деформаций на значения изгибающих моментов и продольных сил в сечении арки

▲	A	B	C	D	E	F	G
1	$f$	Mmqn(6)	Mm(6)	Nmqnarka	Nmarka(6)	( $\Delta M/Mmqn$ ),%	( $\Delta N/Nmqnarka$ ),%
2	1.5	-2.96	-0.919	-12.512	-14.669	68.9527027	17.23945013
3	2	-3.472	-1.447	-12.298	-14.472	58.32373272	17.67767117
4	2.5	-4.047	-2.026	-11.986	-14.188	49.93822585	18.37143334
5	3	-4.667	-2.647	-11.595	-13.827	43.28262267	19.24967658
6	3.5	-5.316	-3.3	-11.142	-13.399	37.92325056	20.25668641
7	4	-5.979	-3.976	-10.645	-12.916	33.50058538	21.33395961
8	4.5	-6.641	-4.665	-10.122	-12.389	29.75455504	22.39675953
9	5	-7.291	-5.357	-9.588	-11.832	26.52585379	23.40425532
10	5.5	-7.918	-6.043	-9.056	-11.256	23.68022228	24.29328622
11	6	-8.516	-6.714	-8.538	-10.675	21.16016909	25.02928086
12	6.5	-9.077	-7.362	-8.042	-10.098	18.89390768	25.56577966
13	7	-9.601	-7.982	-7.575	-9.536	16.86282679	25.88778878

На рисунках 3 и 4 представлены зависимости изгибающего момента и продольной силы в одном из сечений арки ( $x = 6$ ) от величины стрелы подъёма  $f$  при неизменной величине параметра  $f-h$ , равного 1 м, с учётом и без учёта поперечных и продольных деформаций. Анализ зависимостей свидетельствует о том, что с увеличением стрелы подъёма арки изгибающие моменты возрастают, а продольные силы уменьшаются. При этом величина и изгибающих моментов, и продольных сил меньше в случае, когда не учитывается влияние поперечных и продольных деформаций.



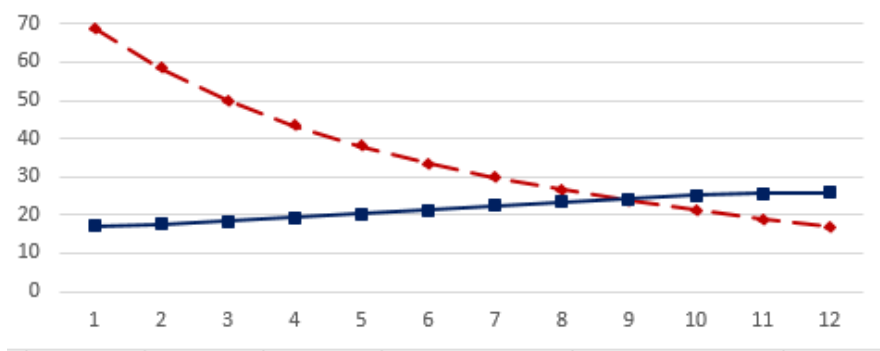
**Рисунок 3**



$N$ , кН

**Рисунок 4**

По результатам вычислений, представленных в таблице 1 и на рисунках 3 и 4, на рисунке 5 показано расхождение изгибающих моментов и продольных сил при учёте и без учёта поперечных и продольных деформаций в процентах.



**Рисунок 5**

**Список цитированных источников**

1. Дарков, А.В. Строительная механика / А.В. Дарков, Н.Н. Шапошников. – М. : Высшая школа, 1986. – 607 с.
2. Турчак, Л.И. Основы численных методов. – М. : Наука, 1987. – 320 с.
3. Прилепа, А.В. О статическом расчете двухшарнирных арок с подвесной затяжкой / А.В. Прилепа, В.В. Федынич // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов – 2017 / Брестский государственный технический университет : в 2 ч. – Брест : БрГТУ, 2017. – Ч. 1.

УДК 681.3:624.04

**Прилепа А.В., Федынич В.В.**

**Научный руководитель: доц. Игнатюк В.И.**

**О СТАТИЧЕСКОМ РАСЧЕТЕ ДВУХШАРНИРНЫХ АРОК С ПОДВЕСНОЙ ЗАТЯЖКОЙ**

Рассматривается расчет двухшарнирных арок переменного сечения с подвесной зтяжкой (рисунок 1) на действие вертикальных неподвижных нагрузок. Зависимость изменения осей арок может задаваться любой.

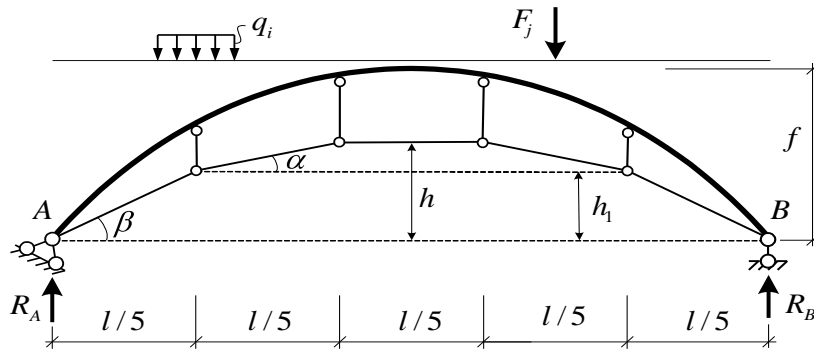


Рисунок 1

Для расчета применяется метод сил [1], основная система которого выбирается путем разрезания подвесной затяжки (рисунок 2).

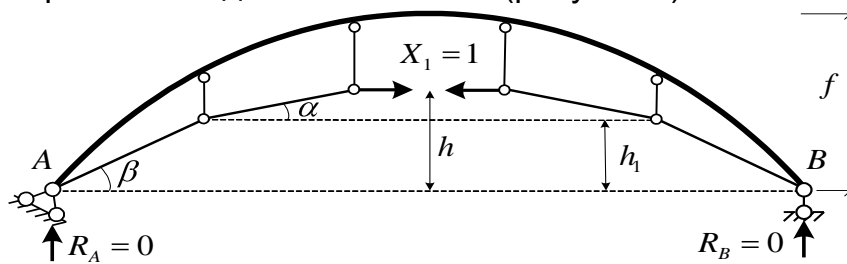


Рисунок 2

Неизвестное значение метода сил определяется из решения канонического уравнения метода сил:

$$\delta_{11}X_1 + \Delta_{1P} = 0.$$

Единичное и грузовое перемещения  $\delta_{11}$  и  $\Delta_{1P}$  определяются по формулам Мора с учетом поперечных и продольных деформаций в арке:

$$\delta_{11} = \sum_1^n \int_0^l \frac{\bar{M}_1^2 dx}{EJ} + \sum_1^n \int_0^l \eta \frac{\bar{Q}_1^2 dx}{GA} + \sum_1^n \int_0^l \frac{\bar{N}_1^2 dx}{EA} + \sum_1^{n_3} \frac{\bar{N}_{13}^2 l_3}{EA_3};$$

$$\Delta_{1P} = \sum_1^n \int_0^l \frac{\bar{M}_1 M_P dx}{EJ} + \sum_1^n \int_0^l \frac{\bar{Q}_1 Q_P dx}{GA} + \sum_1^n \int_0^l \frac{\bar{N}_1 N_P dx}{EA}.$$

Вычисления интегралов Мора для арок, учитывая криволинейный характер изменения их осей и сложные зависимости изменения зависимостей изгибающих моментов, поперечных и продольных сил, не просто, поэтому выполняется с использованием численного интегрирования с применением формулы трапеций [2], разбивая пролет арки на конечное число частей:

$$\Delta_{iP} = \sum \int \frac{\bar{M}_i M_{Px}}{EJ_j} ds = \sum_{j=1}^{n_{уч}} \frac{\Delta x_j}{EJ_j \cos \varphi_j} 2\bar{M}_{ij}^{лев} \cdot M_{Pj}^{лев} + \bar{M}_{ij}^{лев} \cdot M_{Pj}^{np} + \bar{M}_{ij}^{np} \cdot M_{Pj}^{лев} + 2\bar{M}_{ij}^{np} \cdot M_{Pj}^{лев},$$

где:  $\Delta_{iP}$  — перемещение точки в  $i$ -м направлении;  $n_{уч}$  — число участков, на которые разбивается пролет арки;  $EJ_j$  — жесткость  $j$ -го участка арки;  $\bar{M}_i$ ,  $\bar{M}_{ij}^{лев}$ ,  $\bar{M}_{ij}^{np}$  — эпюра изгибающих моментов от действия единичной силы, приложенной в направлении искомого перемещения ( $i$ ), и ее левая и правая ординаты на  $j$ -м участке;  $M_P$ ,  $M_{Pj}^{лев}$ ,  $M_{Pj}^{np}$  — эпюра изгибающих моментов от внешней на-

грузки и ее ординаты (левая и правая) на  $j$ -м участке;  $\bar{N}_{1z}$ ,  $l_z$  и  $EA_z$  — продольная сила в элементах подвесной системы (в затяжке), их длина и продольная жесткость;  $\cos \varphi_i$  — косинус угла наклона касательной к оси арки на  $j$ -м участке по отношению к оси  $x$ .

При этом, с целью увеличения точности численного расчета применяется разбивка отдельных частей пролета арки (пяти участков длиной 5 в соответствии с привязкой к геометрии подвесной системы) на различное число частей: наибольшее число частей разбивки принимается для крайних участков, учитывая более резкое изменение на этих участках первой производной от функций изменения осей арок и соответственно зависимостей для поперечных и продольных сил; наименьшее — для среднего участка.

Для построения грузовых эпюр в основной системе метода сил от действия внешних нагрузок вначале определяем опорные реакции из уравнений равновесия:

$$\sum M_B = 0; \quad \sum (q_i \cdot a_{qi}) \cdot (x_{qi} + \frac{a_{qi}}{2}) + \sum P_j \cdot x_{pj} - R_B \cdot l = 0; \quad R_B = \dots ;$$

$$\sum M_A = 0; \quad -\sum (q_i \cdot a_{qi}) \cdot (l - x_{qi} - \frac{a_{qi}}{2}) - \sum (l - x_{pi}) + R_A \cdot l = 0; \quad R_A = \dots .$$

Выражения грузовых эпюр изгибающих моментов, поперечных и продольных сил получим (рисунки 1, 2) в виде:

$$M_{Px} = M_{Px} = R_A \cdot x - \sum (q_i \cdot a_{qi}) \cdot (x - x_{qi} - \frac{a_{qi}}{2}) - \sum [q_i (x - x_{qi})^2 \cdot 0,5] - \sum P_j (x - x_{pj});$$

$$Q_P^0 = R_A - \sum_{i=1}^{\bar{n}_q} q_i a_{qi} - \sum_{j=1}^{\bar{n}_p} P_j; \quad Q_P = Q_P^0 \cdot \cos \varphi_x; \quad N_P = Q_P^0 \cdot \sin \varphi_x .$$

Зависимости изменения единичных эпюр усилий на трех участках между точками присоединения подвесной системы (считая слева и учитывая, что остальные два участка симметричны первым двум) (рисунок 3) получим в виде:

а) для изгибающих моментов:

$$\bar{M}_{1x}^{(1)} = \bar{N}_{4X} \cdot \sin \beta \cdot x - \bar{N}_{4X} \cdot \cos \beta \cdot y_x;$$

$$\bar{M}_{1x}^{(2)} = \bar{N}_{4X} \cdot \sin \beta \cdot x - \bar{N}_{4X} \cdot \cos \beta \cdot y_x - \bar{N}_{3X} \cdot (x - 0, 2l);$$

$$\bar{M}_{1x}^{(3)} = \bar{N}_{1X} \cdot \sin \alpha_1 \cdot x - \bar{N}_{1X} \cdot \cos \alpha_1 \cdot y_x - \bar{N}_{3X} \cdot (x - 0, 4l) - \bar{N}_{4X} \cdot (x - 0, 4l);$$

б) для поперечных сил:

$$\bar{Q}_{1x}^{(1)} = \bar{N}_{4X} \cdot \sin \beta \cdot \cos \varphi_x - \bar{N}_{4X} \cdot \cos \beta \cdot \sin \varphi_x;$$

$$\bar{Q}_{1x}^{(2)} = \bar{N}_{4X} \cdot \sin \beta \cdot \cos \varphi_x - \bar{N}_{4X} \cdot \cos \beta \cdot \sin \varphi_x - \bar{N}_{3X} \cdot \cos \varphi_x;$$

$$\bar{Q}_{1x}^{(3)} = \bar{N}_{4X} \cdot \sin \beta \cdot \cos \varphi_x - \bar{N}_{4X} \cdot \cos \beta \cdot \sin \varphi_x - \bar{N}_{3X} \cdot \cos \varphi_x - \bar{N}_{1X} \cdot \cos \varphi_x;$$

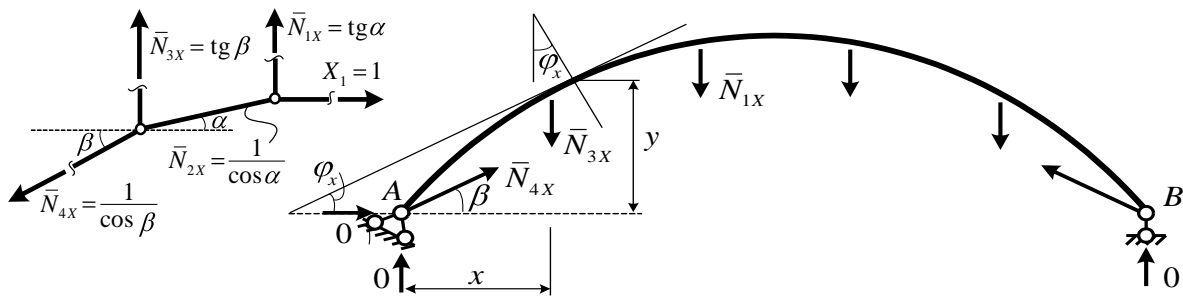
б) для продольных сил:

$$\bar{N}_{1x}^{(1)} = \bar{N}_{4X} \cdot \sin \beta \cdot \sin \varphi_x - \bar{N}_{4X} \cdot \cos \beta \cdot \cos \varphi_x;$$

$$\bar{N}_{1x}^{(2)} = \bar{N}_{4X} \cdot \sin \beta \cdot \sin \varphi_x - \bar{N}_{4X} \cdot \cos \beta \cdot \cos \varphi_x + \bar{N}_{3X} \cdot \sin \varphi_x;$$

$$\bar{N}_{1x}^{(3)} = \bar{N}_{4X} \cdot \sin \beta \cdot \sin \varphi_x - \bar{N}_{4X} \cdot \cos \beta \cdot \cos \varphi_x + \bar{N}_{3X} \cdot \sin \varphi_x + \bar{N}_{1X} \cdot \sin \varphi_x .$$





**Рисунок 3**

Окончательные эпюры внутренних сил определяются по зависимостям:

$$M = \bar{M}_1 \cdot X_1 + M_P; \quad Q = \bar{Q}_1 \cdot X_1 + Q_P; \quad N = \bar{N}_1 \cdot X_1 + N_P; \quad N_3 = \bar{N}_{13} \cdot X_1.$$

Для построения схемы деформирования арки необходимо вычислить перемещения (вертикальные и горизонтальные) с использованием формулы Мора для ряда сечений (точек) арки.

$$\Delta_{iP} = \sum \int \frac{\bar{M}_i M_{Px} ds}{EJ}$$

Вычисления интегралов Мора здесь также приходится выполнять численным способом. Чем больше будет точек, для которых будем иметь их перемещения, тем точнее сможем представить форму деформирования арки.

На основе полученных зависимостей составлены алгоритм и MathCad-программа расчета двухшарнирных арок с подвесной затяжкой.

#### **Список цитированных источников**

1. Дарков, А.В. Строительная механика / А.В. Дарков, Н.Н. Шапошников. – М. : Высшая школа, 1986. – 607 с.
2. Турчак, Л.И. Основы численных методов. – М. : Наука, 1987. – 320 с.

УДК 69.059(476)

**Прокопович М.А.**

**Научный руководитель: Мартысюк Н.А.**

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ ЖИЛОЙ СРЕДЫ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ДОМОВ МАССОВЫХ СЕРИЙ В БЕЛАРУСИ**

Целью работы является выявление актуальности реконструкции жилой многосерийной застройки, обоснование принципов реконструкции и возможности применения в Беларуси.

На образ современного белорусского города во многом повлияла активная жилищная политика СССР, которая была направлена на количественное изменение городской среды и инфраструктуры. Строительство одинаковых серийных зданий на всем советском пространстве позволило типизировать жилье и нормы, а также решить острый жилищный кризис. Однако такие меры способствовали созданию однотипной и скучной среды. Архитектурный облик постсоветских городов в сегодняшнем его состоянии невыразителен и не все-

гда отвечает современным градостроительным тенденциям. Количественный подход в освоении городов уже исчерпал себя и не соответствует современному понятию культурного потенциала города как меры способности городского сообщества создавать вновь и поддерживать условия своего развития [1]. Можно заметить несоответствие сложившейся градостроительной ситуации возрастающим требованиям и экологическим нагрузкам на среду, которые проявляются в необходимости эффективного использования жилого фонда и качества архитектуры городской среды.

Массовое и типовое строительство в СССР началось в середине 50-х годов и включало в себя множество аспектов. Но на первом плане стояло решение острейшего жилищного кризиса, сложившегося после Великой Отечественной войны, отодвинувшего во времени исследование влияния данного жилища на людей и перспективы его трансформации и развития. На рубеже 50–60-х годов установка дать каждой семье отдельную квартиру приобретает статус национальной политики. Можно сказать, что социокультурные изменения начались с изменений отношения индивидов к своему повседневному существованию, к своему жилью и вещам. Решение жилищных проблем резко усиливало тягу к семье, неуклонно укрепляло семейные узы и нормализовало демографическую структуру общества [2]. Стремление сделать человека винтиком социалистического способа производства, семью — ячейкой общества, а весь народ — строителем коммунизма требовало решения ряда исполненных задач. Одно из таких решений привело к переводу жилья как социокультурного пространства в жилище — объект проектирования и строительства. Основу советской крупнопанельной застройки составляют дома хрущевской серии. По проекту большая часть таких панельных домов возводилась как временное жилье. Однако впоследствии, из-за недостаточного объема строительства жилья, срок их эксплуатации постоянно увеличивался. Спрос на такую застройку, несмотря на ее однотипность, был среди населения чрезвычайно велик, и получение квартиры уже само по себе воспринималось как большая ценность. Пятиэтажный жилой дом, изготовленный на заводе и собранный на площадке своего будущего «места жительства», был большим достижением отечественной инженерно-строительной мысли, важнейшим этапом на пути индустриального строительства, а, следовательно, памятником культуры своего времени [3].

Однако сложившаяся ситуация, связанная с преобладанием в жилой сфере крупнопанельных домов массовых серий, создает множество проблем, в том числе и градостроительных. Решение этих проблем должно соответствовать таким требованиям, как экономичность, индивидуальность, своевременность, экологическая целесообразность и минимизация ущерба для жителей и среды. Проанализировав мировой опыт в решении данной проблемы, можно выделить два направления: преобразование жилой среды интенсивным и экстенсивным методом. К интенсивному методу можно отнести любое качественное изменение крупнопанельных домов массовых серий. Экстенсивный метод решает проблему более радикально — сносом отдельных ветхих и аварийных зданий или же целых микрорайонов. Выбор метода напрямую зависит от грамотной оценки недвижимости и городских территорий. Для реальной анализа социально-экономической эффективности жилья необходимо учитывать несоответствие сроков физического и морального износа, негативное влияние которого имеет тенденцию к возрастанию. Оценка качества архитектурной среды базируется на состоянии жизненного цикла здания и строи-

тельных материалов. При анализе необходимо определить оптимальный срок службы зданий путем минимизации совокупных, т. е. кумулятивных, затрат на строительство, капитальные ремонты и реконструкцию.

Моральный износ зданий и сооружений, а также среды под влиянием различных аспектов эксплуатации, роста благосостояния и культурного уровня населения, действия научно-технического прогресса вызывают потребность в реконструкции. Цель реконструкции состоит в том, чтобы привести условия среды обитания в соответствие с современными требованиями к безбарьерности среды, ее экологичности и разнообразию. В ходе реконструкции происходят изменения объемно-планировочных характеристик существующих зданий и назначения их элементов. В рамках реконструкции можно выделить санацию объекта как минимально необходимую часть по улучшению состояния жилого фонда и реновацию среды, окружающую этот объект. Санация представляет собой совершенствование конструктивных и планировочных характеристик, инженерного оборудования в пределах габаритов жилых зданий. Реновация среды — процесс, направленный на восстановление и улучшение качественных характеристик среды, проводимый с учетом современных архитектурных тенденций.

Состояние жилых зданий массовых серий начала 1970-х — конца 1980-х позволяет применять к данной застройке интенсивные меры, такие как реконструкция и санация. Для зданий второго поколения массовых серий необходимо проводить мероприятия по замене инженерных сетей и уменьшению энергопотребления. Мероприятия по реконструкции (без отселения) жилых домов массовых серий могут быть поделены на группы: инженерно-технические, архитектурно-планировочные, финансово-правовые и социальные.



**Рисунок 1** – Мероприятия по реконструкции жилых зданий

К инженерно-техническим можно отнести минимально необходимые для повышения качества и уровня комфорта жилья меры. К таким мерам можно отнести санации, наиболее актуальными из которых в связи с физическим износом здания являются:

- теплоизоляция и облицовка наружных стен;
- замена оконных и балконных блоков на более энергоэффективные;
- замена ветхих балконов и лоджий, если несущая способность позволяет — их остекление;

- утепление перекрытий подвалов, технических этажей, чердаков;
- ремонт подъездов и элементов общественного пользования — подвалов, лифтов;
- замена или ремонт кровли;
- замена инженерного оборудования.

Опыт санации крупнопанельных жилых домов в Восточной Германии за последние 10 лет показал, что в зависимости от конструкции наружных панелей достигается экономия расхода энергии на отопление от 30 до 70%:

- трехслойные железобетонные панели — экономия 30–40%;
- двухслойные железобетонные панели — экономия 40–55%;
- однослойные панели из легких бетонов — экономия 45–70% [4].

Таким образом, с ростом уровня социально-экономического и технического развития общества возрастают требования к качеству жилищ. Спроектированные и построенные в один период времени здания, как например жилая крупнопанельная застройка, с течением времени перестают соответствовать нуждам и запросам своего населения. Сохранение и качественное изменение старого жилищного фонда, повышение экологичности и энергетической эффективности зданий, уплотнение структуры городской застройки являются актуальным и логичным выходом из сложившейся ситуации. Доля крупнопанельного жилья массовых серий, построенного 50–25 лет назад в городах Республики Беларусь, составляет более 50%. Несмотря на физический и моральный износ, который переживают эти здания, они еще долгое время будут составлять планировочную основу городской ткани. Именно поэтому грамотная оценка состояния жилого фонда, создание общей программы и стратегии оздоровления и реновации жилой среды крупнопанельных микрорайонов массовых серий является необходимым действием в реализации стратегии устойчивого развития белорусских городов.

#### **Список цитированных источников**

1. Глазычев, В.Л. Городская среда. Технология развития: Настольная книга / В.Л. Глазычев, М.М. Егоров, Т.В. Ильина [и др.]—М.: Издательство Ладыя, 1995. —240 с.:ил.
2. Жилищное строительство в СССР. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://prometej.info/blog/istoriya/zhilishnoe-stroitelstvo-v-sssr>. – Дата доступа: 08.05.2017.
3. Развитие и трансформация городской среды. Перестройка: аналитический материал № 2. – Иркутск: Иркутский государственный технический университет, 2001. – 71с.: ил.
4. Санация зданий как решение проблемы модернизации жилищного фонда. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fasadinfo.ua/articles/market/1618>. – Дата доступа: 08.05.2017.

УДК [69.059:332.6](043.3)

**Семенюк Е.А.**

*Научный руководитель: к.т.н, доцент Яромич Н.Н.*

### **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕМИИ ЗА РИСК ИЗНОСА НА ОСНОВАНИИ ПРЯМОГО РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗА КОНСТРУКЦИЙ**

При оценке объектов недвижимости затратным и сравнительным методами риск износа должен учитываться в его мере на момент оценки. Существует необходимость выделения риска износа как отдельной составляющей при расчете премий за риски в составе нормы дисконтирования.

**Методика расчета премии за риск износа.** Средневзвешенный износ может быть рассчитан по формуле, приведенной в техническом кодексе [1]:

$$I_{\text{физ}} = \sum_{i=1}^n \Phi_{ki} \times l_i, \quad (1)$$

где  $\Phi_{ki}$  — физический износ отдельной конструкции, элемента или системы,  
 $l_i$  — коэффициент, соответствующий доле восстановительной стоимости отдельной конструкции, элемента или системы в общей восстановительной стоимости здания (сооружения);  
 $n$  — число отдельных конструкций, элементов или систем в здании (сооружении).

Также риск износа объекта недвижимости определяется как произведение вероятности отказа и ожидаемых последствий отказа [2]:

$$x_f = P_f \cdot V_f, \quad (2)$$

где  $x_f$  — риск отказа ( $0 \leq x_f \leq 1$ ),

$P_f$  — вероятность отказа ( $0 \leq P_f \leq 1$ ),

$V_f$  — экономические последствия отказа ( $0 \leq V_f \leq 1$ ).

В данном случае последствия от наступления отказа для всех элементов и конструкций объекта недвижимости являются однородными и приводят к потере стоимости, прямо пропорциональной доле восстановительной стоимости каждого элемента в структуре общей восстановительной стоимости объекта. Риск износа тождественен риску отказа, следовательно, общий риск износа по объекту оценки можно рассчитать на основании формул 1 и 2, тогда:

$$x_f = \sum_{i=1}^n x_{f,i} = \sum_{i=1}^n P_{f,i} \cdot V_{fi}, \quad (3)$$

где  $x_f$  — риск износа объекта оценки,

$P_{f,i}$  — вероятность отказа 1-го элемента или конструкции,

$V_{fi}$  — экономические последствия отказа 1-го элемента или конструкции.

При этом в качестве экономического последствия отказа следует принять потерю доли восстановительной стоимости:

$V_{fi} = l_i$  — коэффициент, соответствующий доле восстановительной стоимости  $i$ -й конструкции, элемента или системы в общей восстановительной стоимости здания (сооружения).

Тогда формула (3) примет вид:

$$x_f = \sum_{i=1}^n P_{f,i} \cdot l_i, \quad (4)$$

Тогда риск износа может быть рассчитан при условии, что будут известны вероятности отказа для всех несущих конструкций и систем объекта оценки, что можно сделать по методике прямого расчета вероятности, однако необходимо в дальнейшем разработать алгоритмы вероятностного расчета для всех несущих конструкций с учетом вариантности расчетных схем, материалов изготовления, условий эксплуатации и т. д., что представляет собой весьма объемную задачу, требующую дальнейшего изучения. Коэффициент  $l_i$  может быть принят либо по укрупненным показателям восстановительной стоимости, либо по сметной документации.

В силу того, что риск износа связан с прямой потерей капитала, но практически не влияет на величину дохода, исходя из классической формулы пря-

мой капитализации (5) и формулы (2) можно получить выражение для учета риска  $x_f$  (6) [3]:

$$V = \frac{NOI}{R}, \quad (5)$$

где  $R$  — норма дисконтирования с учетом принятых рисков,  
 $NOI$  — чистый операционный доход.

$$\begin{cases} V = \frac{NOI}{R} \\ V^* = \frac{NOI}{R^*} \end{cases} \Rightarrow V^*(1-x_f) = \frac{NOI^*(1-x_f)}{R^*} \Rightarrow V = \frac{NOI - (1-x_f)}{R^*}, \quad (6)$$

где  $V^*$  — рыночная стоимость объекта недвижимости без учета риска  $x_f$ ;  
 $V$  — рыночная стоимость объекта недвижимости с учетом риска  $x_f$ ;  
 $R$  — норма дисконтирования без учета риска  $x_f$ ;  
 $R^*$  — норма дисконтирования с учетом риска  $x_f$ ;  
 $x_f$  — величина экономического риска износа недвижимости ( $0 \leq x_f \leq 1$ ).

Из (3.30) следует, что учет рисков составляющей по риску  $x_f$  в норме дисконтирования определяется следующим образом:

$$V = \frac{NOI}{R} = \frac{NOI \times (1-x_f)}{R^*} \text{PR} \frac{R^*}{(1-x_f)}. \quad (7)$$

Таким образом, из (7) и формулы для нахождения нормы дисконтирования  $r$  [3] путем математических преобразований можно получить выражение для расчета премии за риск износа  $x_f$  из полного набора  $F$  типов рисков при условии, что она является одной неизвестной величиной из данного набора [3]:

$$\begin{aligned} R = r_0 + \sum_{i=1}^F r_i &= \frac{r_0 + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq f}}^F r_i}{1-x_f} \Rightarrow r_f = \frac{r_0 + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq f}}^F r_i}{1-x_f} - r_0 + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq f}}^F r_i \Rightarrow \\ \Rightarrow r_f &= r_0 + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq f}}^F r_i \cdot \frac{x_f}{1-x_f}, \end{aligned} \quad (8)$$

где  $r_0$  — безрисковая норма дисконтирования,  
 $r_i$  — премия за  $i$ -й тип риска из полного набора  $F$  типов риска, характерных для оцениваемого объекта недвижимости,  
 $r_f$  — премия за риск износа.

Из выражения (3.32) видно, что величина премии за риск износа  $x_f$  прямо пропорциональна сумме безрисковой нормы и всех премий за другие типы риска.

**Пример расчета премии за риск износа.** При оценке склада для хранения строительных материалов требуется рассчитать премию за риск износа. Согласно сборнику укрупненных показателей восстановительной стоимости (УПВС) № 8 для одноэтажного склада с металлическим каркасом [4] удельный вес конструктивных элементов представлен в таблице 1.

**Таблица 1** – Удельный вес конструктивных элементов

Конструктивные элементы	Удельный вес, %
Фундаменты	29
Каркас здания	27
Стены и перегородки	32
Перекрытия	5
Кровля	3
Полы	2
Проемы	—
Отделочные работы	—
Внутренние санитарно-технические устройства и электроосвещение	1
Прочие работы	1
Итого	100

Вероятности отказа были рассчитаны для несущих конструкций с помощью соответствующих моделей деградации данных элементов на заданный момент времени, который соответствует диапазону расчета. Тогда можно рассчитать риск износа для рассматриваемого объекта недвижимости. Расчет представлен в табличной форме (табл. 2).

**Таблица 2** – Расчет риска износа для объекта оценки

Конструктивный элемент	Вероятность отказа	Удельный вес, %	Риск отказа, $x_{f,i}$
Фундаменты	0,015	29	0,0044
Каркас здания	0,181	27	0,0489
Стены	0,045	27	0,0122
Перекрытия	0,08	5	0,004
Кровля	0,115	3	0,0035
Итого:		91	0,073

Следовательно, риск износа для рассматриваемого примера будет равен  $x_f = 0.073$ . Далее можно найти премию за данный риск из выражения (8). Для этого необходимо знать премии за другие типы рисков, характерных для объекта оценки. Эти данные были рассчитаны в соответствии с [5] экспертным методом и представлены в таблице 3.

**Таблица 3** – Премии за риски, характерные для объекта оценки

Тип риска	Премия за риск, %
Риск рынка недвижимости	1,4
Риск низкой ликвидности	2,2
Риск управления недвижимостью	0,2
Финансовый риск (величина инфляции)	14
Всего:	17,8

В качестве безрисковой нормы дисконтирования была принята ставка рефинансирования  $r_0 = 23\%$ .

Тогда премию за риск износа можно найти из равенства (8):

$$r_f = (23 + 17,8) \times \frac{0,073}{1 - 0,073} = 3,2\%.$$

Таким образом, в рассмотренном примере были продемонстрированы простота и удобство в использовании предлагаемой методики расчета премии за риск износа на основании вероятности отказа в заданный момент времени.

При этом полученный результат численно оказался в диапазоне, характерном для экспертного метода оценки премий за риски.

**Вывод:** предлагаемая методика при расчете премии за риск износа учитывает прогнозируемое состояние объекта недвижимости в момент времени, соответствующий горизонту расчета при оценке стоимости.

#### **Список цитированных источников**

1. Здания и сооружения. Оценка степени физического износа: ТКП 45-1.04-119-2008 (02250). – Минск: Минстройархитектуры, 2008. – 43 с.

2. Шпете, Г. Надежность несущих строительных конструкций / Г. Шпете; Пер. с нем. О.О. Андреева. – М.: Стройиздат, 1994. – 288 с.

3. Малащук, Е. Универсальный объективный метод расчета нормы дисконтирования, применяемой в оценке недвижимости / Е. Малащук // Земля Беларуси. Научно-производственный журнал. – 2011. – № 2. – С.18–2.

4. Портал «Оценчик.ру» — Все для оценки и для оценщика [Электронный ресурс] // УПВС – Сборники укрупненных показателей восстановительной стоимости зданий и сооружений для переоценки основных фондов. – Режим доступа: <http://www.ocenchik.ru / documents/realty/upvs> – Дата доступа: 09.05.2016 г.

5. Оценка стоимости объектов гражданских прав. Оценка стоимости жилых домов, садовых домиков (дач) и жилых помещений, за исключением объектов незавершенного строительства: ТКП 52.3.02-2015 (33520). – Минск: Госкомимущество, 2015. – 107 с.

УДК 624.014.2

**Сидорук К.С.**

**Научный руководитель: доц. Зинкевич И.В.**

### **СОЕДИНЕНИЯ ЛЕГКИХ ТОНКОСТЕННЫХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ВЫТЯЖНЫХ ЗАКЛЕПКАХ**

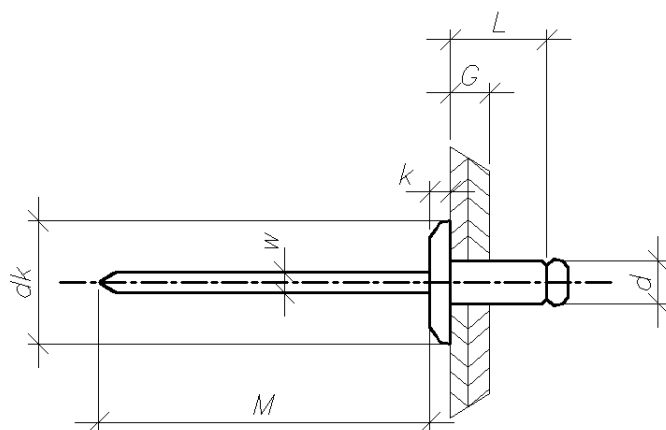
Технология ЛСТК (легких тонкостенных стальных конструкций) представляет собой альтернативный способ каркасного строительства. В его основе лежат тонкостенные холодногнутые оцинкованные профили различного сечения и толщины (чаще всего до 3 мм), скрепленные между собой при помощи самонарезающих винтов, болтов, заклепок. Профили производятся в условиях завода на современном автоматизированном оборудовании. Область эффективного применения ЛСТК включает несущие и ограждающие конструкции жилых, общественных и производственных зданий, агропромышленных и животноводческих комплексов, спортивных сооружений, крытых автопарков, торговых зданий и других строительных объектов.

Сдерживающим фактором использования технологии ЛСТК является отсутствие в действующих на сегодняшний день на территории РБ нормативно-правовых актах полной и обоснованной методики испытания и расчетов соединений ЛСТК.

Наименее изученными остаются соединения ЛСТК на вытяжных заклепках.

Вытяжная заклепка состоит из двух частей, гильзы заклепки и вытяжного стержня с головкой.





$d$  – диаметр гильзы заклепки;  $L$  – длина тела гильзы заклепки;  $d_k$  – диаметр бортика;  $M$  – длина хвостовика;  $k$  – толщина бортика;  $w$  – диаметр вытяжного стержня;  $G$  – толщина материала

**Рисунок 1** – Основные геометрические характеристики вытяжной заклепки

Вытяжной стержень служит для расклепывания тела гильзы заклепки с обратной от положения инструмента стороны. Стержень имеет головку, шейку (участок с уменьшенным диаметром стержня) с точкой разрыва, хвостовик и наконечник. Для установки вытяжной заклепки требуется сверление отверстия на 0,1 мм больше диаметра гильзы вытяжной заклепки, введение заклепки гильзой в отверстие до упора бортика заклепки и последующее вытягивание хвостовика стержня из гильзы с помощью специального инструмента. В процессе односторонней клепки свободный конец тела гильзы заклепки расклепывается, образуя неразъемное соединение. Подбор длины гильзы вытяжной заклепки, осуществляется в зависимости от толщины соединяемого пакета, и регламентируется производителем.

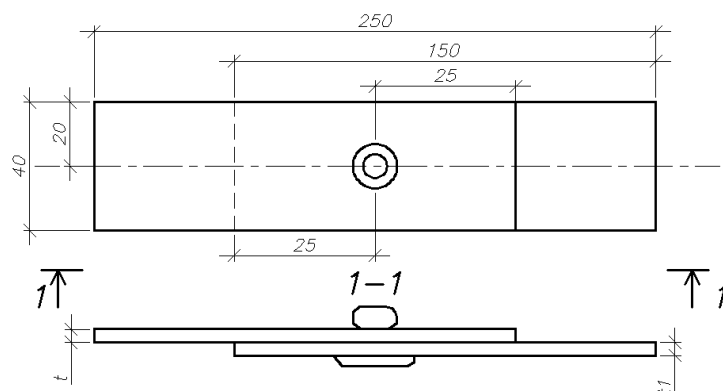
Наиболее распространенным типом заклепок, применяемых в соединениях ЛСТК, являются стандартные вытяжные заклепки, производимые согласно EN ISO 14588, EN ISO 15979. В конструкциях стандартных заклепок вытяжной стержень не несет нагрузки на срез. Однако существуют также усиленные заклепки, часть вытяжного стержня которых, гарантированно остается в теле гильзы, фиксируясь в ней специальным образом и воспринимая нагрузку при работе соединения.

В расчетных соединениях легких стальных тонкостенных конструкций могут применяться вытяжные заклепки из углеродистой и аустенитной коррозионно-стойкой стали. В заклепках из углеродистой стали применяется сталь марок С1008 и С1042. В заклепках из аустенитной коррозионно-стойкой стали — сталь марок AISI 304 (A2) (03X18H9, 07X16H6, X15H5Д2Т по ГОСТ 5632) и AISI 316 (A4) (03X17H14M3 по ГОСТ 5632).

В качестве защитного покрытия стержня и гильзы вытяжных заклепок используется оцинковка или пассивирование. Согласно исследованиям, слой оцинковки по условиям производства составляет на заклепках 5–7 мкм.

Экспериментальные исследования проводились в испытательной лаборатории кафедры строительных конструкций. Испытаниям подвергались стальные образцы с соединением на заклепках.

Образцы изготавливались из тонколистовой оцинкованной стали марки С255. Ширина образцов принята равной 40 мм. Геометрические размеры образцов для испытаний на срез приняты в соответствии с рисунком 2.



**Рисунок 2** – Образец для испытаний на срез

**Таблица 1** – Геометрические характеристики образцов

Размеры, мм		
Ширина b, мм	Длина l, мм	Толщина t, мм
40	150	0,7, 1,0, 1,35

Толщины испытываемых образцов были приняты равными: 0,7; 1,0; 1,35 мм, как одни из основных толщин, применяемых в элементах JICTK. Образцы для испытаний соединений на растяжение изготавливались вырезкой. При этом не допускались деформации, изгиб и перегиб образцов в местах установки заклепок.

Соединение образцов осуществлялось крепежными элементами, получившими наиболее широкое распространение в легких стальных тонкостенных конструкциях. Для испытаний использовались вытяжные заклепки производства ЕКТ.

**Таблица 2** – Вытяжные заклепки, применяемые в образцах

№	Крепежный элемент	Размеры, мм			Материал	Стандарт производства
		d	D <sub>k</sub>	L		
1	Вытяжная заклепка	4	7	8	St/St	ISO 15979:2002

Испытания образцов соединений проводились на универсальной испытательной машине с электронной записью графика нагрузка-деформация CALDABINI серии QUASAR.



**Рисунок 3** – Испытательная установка, образец для испытания на срез

Основные результаты испытаний образцов приведены в таблице 3.

**Таблица 3** – Результаты испытаний однозаклепочных соединений

№ образца	Диаметр, мм	Толщина скрепляемого материала, мм		N <sub>0,5</sub> , Н	N <sub>max</sub> , Н	δ <sub>max</sub> , мм	Тип отказа при N <sub>max</sub>
		t1	t				
1	3	4	5	8	9	10	11
1	4.0	1.35	1.35	644	2159	3.21	срез
2	4.0	1.35	1.35	1203	2314	2.55	срез
3	4.0	1.35	1.35	812	2060	3.22	срез
4	4.0	1.35	1.35	1050	2056	2.81	срез
5	4.0	1.0	1.0	1125	2064	2.46	срез
6	4.0	1.0	1.0	1137	1985	2.55	срез
7	4.0	1.0	1.0	1180	2059	2.3	срез
8	4.0	1.0	1.0	1200	2120	1.9	срез
9	4.0	1.0	1.0	1281	2043	2.15	срез
10	4.0	0.7	0.7	1007	2014	2.89	смятие
11	4.0	0.7	0.7	1000	2076	3.45	смятие

В принятой в ТКП EN 1993-1-3 [1] методике отсутствует расчетно-обоснованная величина несущей способности заклепки срезу. Предполагается определять её экспериментально.

Необходимо отметить, что предельная минимальная величина усилия срезу для алюминиевых заклепок приведена в СТБ 2065, а для стальных заклепок — в официально не действующем в РБ ISO 15979:2002. Однако, как показали экспериментальные исследования, приведенные нами и рядом других авторов в РФ, при испытании заклепок, распространенных на территории обеих республик значения несущей способности оказываются иногда ниже. Установлено также, что толщина тонкостенных элементов оказывает влияние на несущую способность заклепки срезу.

На основании полученных результатов предлагается определять характеристическую величину несущей способности срезу односрезного соединения следующим образом:

$$F_{v,Rk} = \frac{f_{u,v} \cdot A_v \cdot \alpha}{\sqrt{3}} \quad (1)$$

здесь  $f_{u,v} = 240 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$  — для алюминиевых заклепок,

$f_{u,v} = 360 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$  — для стальных заклепок;

Коэффициент, учитывающий влияние толщины соединяемых элементов

$\alpha = 0.1 \frac{t_{\min}}{t_0} + 0.9$ , где  $t_0 = 3 \text{ мм}$ ,  $t_{\min}$  — минимальная толщина соединяемых

элементов, при  $t_{\min} \leq 3 \text{ мм}$ , при  $t_{\min} > 3 \text{ мм}$   $\alpha = 1$ .

В таблицах 4 приведены значения несущей способности заклепок срезу для толщины соединяемых элементов 3 мм и менее.

**Таблица 4 – Определение несущей способности стальных заклепок**

$d$ (мм)	3.20	4.00	4.80	5.00	6.00	6.40	
$d_m, d_1$ (мм)	2.00	2.45	2.95	2.95	3.40	3.90	
$A_v$ (мм <sup>2</sup> )	4.90	7.85	11.26	12.80	19.19	20.22	
$F_{v,Rk}$ (Н)	1100	1700	2900	3100	4300	4900	по ISO 15979 при испытаниях
$F_{v,Rk}$ (Н)	1018	1632	2340	2660	3989	4203	предлагаемая для расчета

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Экспериментально подтвержден тип отказа соединений на вытяжных заклепках легких стальных тонкостенных конструкций, работающих на срез и смятие.

2. Проведенный анализ диаграмм нагрузка / деформация, а также анализ характера разрушения соединений на вытяжных заклепках при работе на срез, дает возможность построить адекватную картину работы и разрушения соединения на вытяжных заклепках.

3. Проведенное сравнение несущей способности соединений на вытяжных заклепках диаметром 4.0 мм при различных толщинах соединяемых элементов показали достаточно хорошее совпадение с теоретическими результатами.

#### **Список цитированных источников**

1. ТКП EN 1993-1-3-2009. Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-3. Общие правила. Дополнительные правила для холодноформованных элементов и профилированных листов. – Минск: МАиС РБ, 2010. – 114 с.

УДК 528.482

**Скуратов В.А., Буцамов Р.Р.**

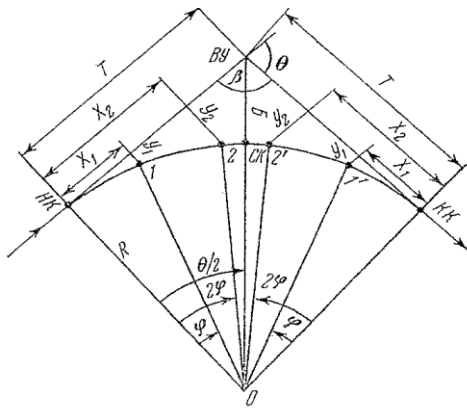
**Научный руководитель: к.т.н., доц. Зуева Л.Ф**

### **СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТИ СПОСОБОВ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ И ПОЛЯРНЫХ КООРДИНАТ ПРИ ДЕТАЛЬНОЙ РАЗБИВКЕ КРУГОВЫХ КРИВЫХ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ**

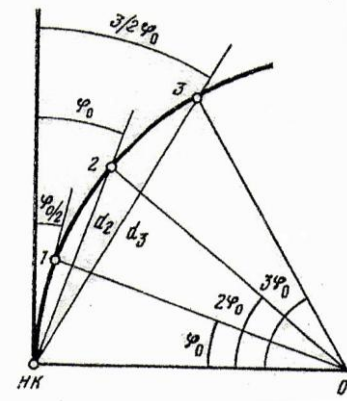
Целью настоящей исследовательской работы являлся выбор наилучшего по точности способа для детальной разбивки кривых.

При вынесении на местность кривых необходимо всю длину кривой разбить на равные отрезки такой длины, чтобы можно было принять дугу за прямую, так как при разбивку используют стальные рулетки. Существует ряд способов детальной разбивки кривых: способ прямоугольных координат, углов (или полярных координат), продолженных хорд, хорд (секущих), вписанного многоугольника [1, 3].

Способы прямоугольных (рис. 1) и полярных координат (рис. 2) имеют явное преимущество перед остальными, в них местоположение каждой разбивочной точки получают независимыми промерами от начала или конца кривой.



**Рисунок 1** – Способ прямоугольных координат



**Рисунок 2** – Способ полярных координат

Рассчитаем элементы круговых кривых и разбивочные элементы для способов прямоугольных и полярных координат для двух круговых кривых с радиусами 105 м и 500 м (табл. 1), а затем проанализируем точность разбивочных работ этими способами.

**Таблица 1** – Элементы круговых кривых

Радиус кривой, угол поворота, интервал (шаг) разбивки	
кривая №1 (5 разбивочных точек) $R = 105 \text{ м}; \quad \varphi = 30^\circ; \quad k = 10 \text{ м}$	кривая №2 (17 разбивочных точек) $R = 500 \text{ м}; \quad \varphi = 40^\circ; \quad k = 20 \text{ м}$
$T = 28,13 \text{ м}$	$T = 181,98 \text{ м}$
$K = 54,97 \text{ м}$	$K = 349,07 \text{ м}$
$B = 3,70 \text{ м}$	$B = 32,09 \text{ м}$
$D = 1,29 \text{ м}$	$D = 14,90 \text{ м}$

Выполним расчёт точности разбивки кривых двумя способами, применив следующие формулы:

— с. к. п. разбивки способом прямоугольных координат

$$m_p^2 = m_d^2 + \left( \frac{m_\beta}{\rho} \right)^2 \cdot d^2; \quad (1)$$

— с. к. п. разбивки полярным способом

$$m_p^2 = m_x^2 + m_y^2 + \left( \frac{m_\beta}{\rho} \right)^2 \cdot y^2. \quad (2)$$

Таким образом, точность разбивки зависит от точности построения углов и расстояний, а также от удаления разбивочной точки от НК или КК.

При выполнении расчётов будем рассматривать два комплекта приборов:

1) технический теодолит Т30 (с.к.п. построения угла 30") и стальная рулетка (относительная погрешность построения расстояний 1 / 3000);

2) электронный тахеометр с техническими характеристиками: 3" и 5 мм + 3 мм/км.

**Таблица 2** – Точность разбивки кривой № 1 способом прямоугольных координат (технический теодолит, стальная рулетка)

Номер точки С. к. п. разбивки точек	от начала кривой (НК)		от конца кривой (КК)		
	№ 1	№ 2	№ 5	№ 4	№ 3
	3,3 мм	6,6 мм	1,6 мм	5,0 мм	8,3 мм

**Таблица 3** – Точность разбивки кривой № 1 полярным способом (технический теодолит, стальная рулетка)

Номер точки	от начала кривой (НК)				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
С. к. п. разбивки точек	3,6 мм	7,3 мм	10,9 мм	14,5 мм	<b>18,0 мм</b>
<i>Если вести разбивку 2 точек от НК и 3 точек от КК, то максимальная погрешность разбивки составит не более 9 мм</i>					

Для кривой № 1 (её длина небольшая,  $K = 28,13$  м) точность разбивки двумя способами примерно одинакова при использовании технического теодолита и стальной рулетки.

Точность разбивки точек по кривой № 1 полярным способом электронным тахеометром будет равной для всех точек и составит полярным способом — 5 мм, а способом прямоугольных координат — 7 мм, т. е. точность разбивки отличается незначительно. Полярный способ при работе электронным тахеометром более производителен, т. к. прибор устанавливают в одной точке (НК) и, используя веху-отражатель, производят разбивку всех точек на кривой. В способе прямоугольных координат прибор необходимо каждый раз переставлять для построения прямого угла и отложения расстояния от тангенса до точки на кривой, т. е. на разбивку затрачивается значительно больше времени.

**Таблица 4** – Точность разбивки кривой № 2 способом прямоугольных координат (технический теодолит, стальная рулетка)

Номер точки	от начала кривой (НК)								
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9
С. к. п. разбивки точек, мм	6,7	13,3	20,0	26,6	33,3	39,9	46,6	53,2	<b>59,8</b>

**Таблица 5** – Точность разбивки кривой № 2 полярным способом (технический теодолит, стальная рулетка)

Номер точки	от начала кривой (НК)								
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9
С. к. п. разбивки точек, мм	7,3	14,5	21,1	29,0	36,3	43,5	50,7	57,9	<b>65,1</b>

Таким образом, точность детальной разбивки круговой кривой значительной длины ( $K = 349,07$  м) при использовании теодолита и стальной рулетки чуть выше у способа прямоугольных координат. Разбивку точек на кривой любым из перечисленных способов обязательно выполняют по частям, т. е. половину точек от начала кривой и оставшиеся от конца кривой.

**Таблица 6** – Точность разбивки кривой № 2 способом прямоугольных координат (электронный тахеометр)

Номер точки	от начала кривой (НК)								
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9
С. к. п. разбивки точек, мм	7,1	7,1	7,2	7,2	7,3	7,3	7,4	7,4	<b>7,5</b>

**Таблица 7** – Точность разбивки кривой № 2 полярным способом (электронный тахеометр)

Номер точки	от начала кривой (НК)								
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9
С. к. п. разбивки точек, мм	5,0	5,2	5,3	5,5	5,8	6,0	6,4	6,7	<b>7,0</b>

Использование электронного тахеометра при детальной разбивке кривых позволяет обеспечивать высокую точность разбивки рассмотренными способами независимо от длины круговой кривой. Согласно данным табл. 6 и 7 точность разбивки наиболее удалённой точки (№ 9) составляет 7–7,5 мм. Особенностью является то, что в способе прямоугольных координат точность разбивки любой точки практически одинакова, а в полярном способе точность незначительно снижается при удалении от НК.

Сравнив два предложенных комплекта приборов, делаем вывод о необходимости применять электронный тахеометр при детальной разбивке кривых особенно значительной длины. По данным таблиц 4–7 видно, что использование электронного тахеометра даёт возможность повысить точность разбивки в 8 раз при удалении разбивочной точки от места установки прибора 180 метров.

#### **Список цитированных источников**

1. Зеленский, А.М. Инженерная геодезия. Специальный курс лекций / А.М. Зеленский, Л.Ф. Зуева, Ю.В. Нуйкина, Г.В. Фолитар. – Брест: БрГТУ, 2008.
2. Михелев, Д.Ш. Инженерная геодезия. – М.: ИЦ Академия, 2004.
3. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия. – М., Высшая школа, 2004.

УДК624.21/8

**Супрунюк В.В.**

**Научный руководитель: ст.пр. Кароза А.И.**

### **ПРОБЛЕМА НЕХВАТКИ ПЕШЕХОДНЫХ МАРШРУТОВ И СПОСОБ ЕЕ РЕШЕНИЯ В Г. БРЕСТЕ**

Сегодня экологическая ситуация в районе крупных городов, в частности так называемых, современных «мегаполисов», чрезвычайно сложная. В связи с этим многие дизайнерские и архитектурные мастерские время от времени создают всевозможные «зеленые» проекты. К сожалению, на сегодняшний день лишь незначительная часть их реализуется.

Цель данной работы — исследовать пешеходные маршруты и мосты за рубежом и в г. Бресте, по результатам анализа внести свои предложения по разработке нового пешеходного маршрута в г. Бресте.

Пешеходный мост — мост, разработанный для пешеходов и велосипедистов, (в некоторых случаях) движения животных и наездников, а не движения автотранспорта. Такие мосты дополняют пейзаж декоративно, а также могут использоваться для визуальной связи двух разных областей.

В результате инновационного развития различных систем и методик образовалось особое направление благоприятного воздействия на человека, получившее название «пешеходный роутинг».

Для начала проанализируем зарубежные пешеходные маршруты и мосты. Например, группа американских дизайнеров из Лос-Анджелеса представила новый «зеленый» концепт пешеходного моста. Концепт вошел в список проектов, направленных на озеленение современных городов и улучшение состояния окружающей среды. На сегодняшний день единственным нерешенным вопросом в плане концепта SalfordMeadowsBridge остался уход за растениями [1].

Мост с озеленением в Бразилии построен перед главным офисом компании, специально для работников, чтобы им было легче добираться до метро от офиса и наоборот. В итоге, сам мост стал своеобразной «смотровой площадкой». Укрепив мост двумя опорами, архитекторы решили «дополнить» их круглыми элементами — «островами». Озеленив эти «острова», получился эффект кувшинок, лежащих на воде. Согласитесь — очень интересное решение, да еще и в движении.

Ботанический мост «Гванджу» является представителем контейнерного озеленения. Компания «West 8» преобразила вышедшую из употребления 10-километровую железнодорожную линию. В частности, переделала ее в ботанический мост. При этом интересно, что периодически растительные инсталляции будут изменяться [2].

«Рифленый» мост в Лондоне. Мост расположен на двух рифленых пирсах, поддерживающих дорожки с деревьями, откуда открывается вид на окрестности города.

Также был проведен анализ пешеходных маршрутов в г. Бресте.

Первый маршрут — это Парк 1 мая (одно из самых популярных мест отдыха).

Второй — площадь Ленина (недавно была предложена концепция по переустройству фонтана с дополнительными местами отдыха для большей комфортности).

Третий — улица Гоголя или улица кованых фонарей, где находятся 30 кованых конструкций. Металлические произведения художественнойковки имеют не только эстетичный вид, но и практическое назначение — все они являются уличными фонарями.

Четвертый — улица Советская (самая живая улица и в большей части это главное место, где жители города собираются с друзьями).

Пятый — городской парк (идет его восстановление).

Шестой — набережная.

Седьмой — гребной канал, место для активного отдыха, если вы желаете покататься на роликах или велосипедах с друзьями.

Восьмой — «Парк воинов-интернационалистов».

По результатам анализа выявлено, что шестой и седьмой маршруты прерываются на 4 км 90 м и нет как таковой пешеходной связи. Поэтому существует необходимость в новом пешеходном мосте, так как он будет не только новым местом для брестчан, где можно отдохнуть, но и центральной связью данного пешеходного маршрута в Бресте. Преимущество этого проекта в том, что расстояние уменьшается до 1,68 м.

Предлагаю создать пешеходный мост «Новая сустрэча» (рис. 1). Территория — бывший Суворовский мост, продолжение улицы Краснознаменной, рядом с улицей Шевченко, а также если бы мы продолжали свой путь по Набережной. Данный мост требуется для связи двух районов с разработкой пространства для отдыха. В том числе он будет замыкать Набережную (по левую часть) и будет местом отдыха всех брестчан разных возрастных групп.

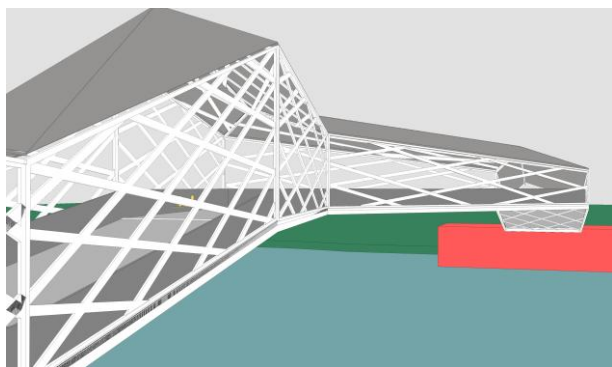




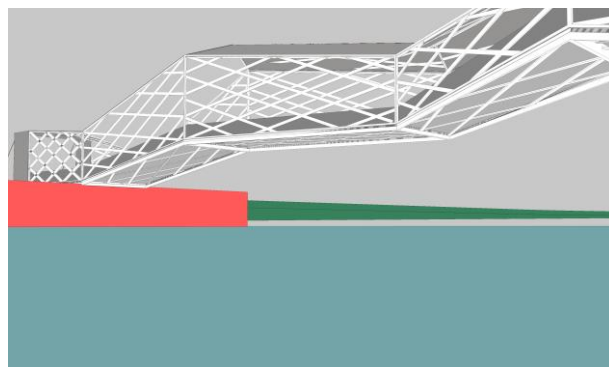
**Рисунок 1 – Пешеходный мост «Новая сустрэча»**

История данного места. Далекое не каждый брестчанин заглянет в это место на Набережной. Небольшая тропинка ведет вверх в сторону реки Мухавец и заканчивается небольшим памятным знаком. Данное место вполне можно назвать историческим. Здесь 8 сентября 1794 года войска А.В. Суворова форсировали Мухавец. Русский полководец шел для подавления польского восстания. Потом в этом районе построили мост. В годы Великой Отечественной войны партизаны дважды взрывали Суворовский мост. После войны его восстановили и даже пустили автобус в м/р Южный. Но в итоге мост разобрали. Здесь, образно говоря, была встреча Суворова с поляками, а название нового моста будет являться образом новой встречи, новой встречи горожан, новой оценке данной местности [3].

Концепция моста проста, а именно: создать город будущего без машин, создать то место, которое нужно нашим жителям, где они будут проводить своё свободное время, встречаться с друзьями, проводить мини-выставки и много другое.



**Рисунок 2 – Техническая часть**

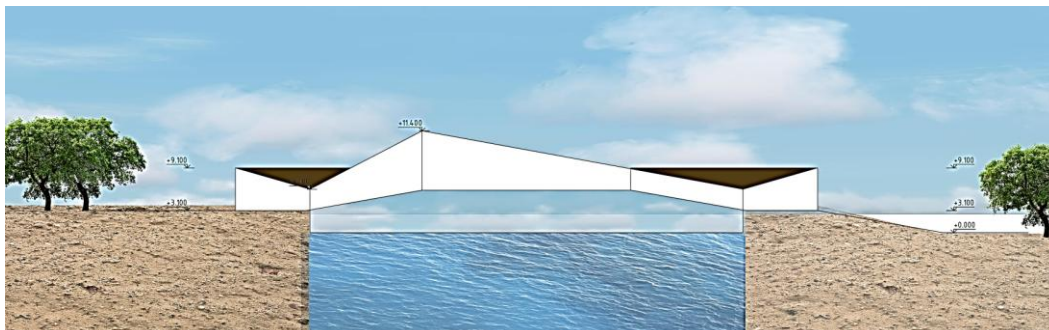


**Рисунок 3 – Металлические конструкции**

Для кого этот мост предназначен? Для разных возрастных групп населения (оборудован пандусами и складными сиденьями). Это могут быть как пожилые люди, так и дети, мамы, прогуливающиеся с колясками, люди, занимающиеся скандинавской ходьбой, которая сегодня очень популярна в нашем городе.

Техническая часть. Данный мост будет располагаться на оставшихся от предыдущего двух опорах. Максимальная отметка от поверхности воды 12 метров. Так как мост должен противостоять множеству нагрузок, предлагаю сделать его изогнутой формы, чтобы он был стабилен (рис. 2). Затем добавить металлические конструкции, а именно воспользоваться разработкой металлической структурной конструкции системы «БрГТУ» Драгана Вячеслава Игнатьевича, кандидата технических наук, профессора университета. В том

числе создать конструкцию под перекрытие, металлический каркас (рис. 3). Покрытие пола выполнить из деревянных панелей, ограждения — из металла, каркас кровли — покрытие из дерева. Дополнительно были спроектированы перегородки, перила (для безопасности). В ночное время мост будет закрываться, а также не создаст препятствий для морских судов и восприятия красивого вида на реку Мухавец, Набережную и природу (рис. 4).



**Рисунок 4 – Общее решение моста**

#### **Список цитированной литературы**

1. Самый зелёный пешеходный мост [Электронный ресурс] // Концепт самого зелёного в мире моста. – Режим доступа: <https://www.ecobyт.ru/article/121013/832/> – Дата доступа: 14.03.2017.
2. Я и ландшафтный дизайн. Студия дизайна «Оазис» [Электронный ресурс] // Ботанический мост Gwangju — новое слово в контейнерном озеленении. – Режим доступа: <http://bloglandshafta.com/p=4229> – Дата доступа: 18.03.2017.
3. Суворовский мост в Бресте. Памятный знак [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <http://brestcity.com/blog/suvorovskij-most-v-breste-pamyatnyj-znak> – Дата доступа: 20.03.2017.

УДК 625.7/.8.05

**Трофимук П.А., Ракович И.А.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Концевич П.С.**

### **ПРОДЛЕНИЕ СРОКОВ СЛУЖБЫ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ В ГОРОДЕ БРЕСТЕ**

Город Брест является важнейшим транспортным узлом на юго-западе Беларуси, а также значительным транзитным пунктом на государственной границе с Польшей. Через Брест проходит международный автомобильный транспортный коридор Е30 (Корк — Берлин — Варшава — Брест — Минск — Москва — Челябинск — Омск), также имеются автомобильные дороги на Каменец, Малориту и др. Вблизи Бреста расположены автомобильные пропускные пограничные переходы «Варшавский мост» и «Козловичи». В течение 2006–2007 годов построен южный автомобильный обход города с мостами через реку Мухавец.

В нашем городе 595 км улиц и дорог, из них преобладают дороги с асфальтобетонным покрытием (395 км). Также насчитывается 1566500 м<sup>2</sup> тротуаров, 20 мостов, путепроводов и мостовых сооружений общей протяженностью 2098 м.

Рассмотрев дорожную обстановку в городе Бресте, можно сказать, что интенсивность автомобильного транспорта на дорогах города, средняя скорость движения и количество транспортных средств постоянно растут, значительно

опережая темпы строительства автомобильных дорог с покрытиями капитального типа. Проблема строительства и содержания автомобильных дорог, обеспечения требуемых транспортно-эксплуатационных характеристик покрытий в условиях ограниченного финансирования выдвигает все новые требования к научному обоснованию надежности и долговечности автомобильных дорог, рациональному использованию финансовых ресурсов.

Многочисленные исследования транспортно-эксплуатационных и прочностных свойств асфальтобетонных покрытий свидетельствуют об имеющем место преждевременном их разрушении из-за недостаточной долговечности асфальтобетона, определяемой в первую очередь его низкой усталостной прочностью. В этой связи возникает необходимость в применении более совершенных методов строительства и эксплуатации дорожных покрытий.

На сегодняшний день применяются совершенно различные технологии по строительству и продлению срока службы автомобильных дорог, основными из которых являются:

1) применение полужестких цветных покрытий для участков дорог с особо тяжелыми условиями эксплуатации.

Эта технология позволяет восстановить и укрепить поверхностный слой асфальта: при нанесении защитного покрытия закупориваются трещины и микротрещины асфальтового покрытия. Для устройства данного типа покрытий не требуется специальное дорогостоящее оборудование. Применение данной технологии позволяет увеличить срок службы дорожных покрытий в местах концентрации транспортной нагрузки с 1–2 лет до 5–7 лет за счет повышения прочностных свойств в 2–3 раза;

2) нанесение тонкого защитного слоя на уже эксплуатируемые дороги.

При использовании данной технологии на асфальт наносится тонкий 1–1,5 сантиметровой защитный слой покрытия, состоящего из щебня мелкой фракции, отсева, битумной эмульсии, цемента, нарезанного до двух сантиметров армирующего стекловолокна, различных химических добавок и воды. Состав наносится на дорожное покрытие, которое эксплуатируется уже в течение 5–7 лет и на котором появились микротрещины, началась коррозия асфальтобетона, в верхних слоях которого уже практически нет битума [1].

Эта технология позволяет повысить такие показатели дорожного покрытия, как его несущая способность (до 50%), циклическая долговечность (до 150%) и водостойкость (до 100%), что позволяет продлить срок службы дорожного покрытия до капитального ремонта на 3–7 лет. Также снижается уровень шума от движущегося автотранспорта (до 10–15%), повышается коэффициент сцепления колес с дорожным покрытием (в 1,2–1,5 раза);

3) применение модифицированных битумов с использованием пласти-эластомерных добавок и гранулированного резинобитумного вяжущего.

Применение данных составов способствует повышению сдвигоустойчивости и коррозионной устойчивости асфальтобетонных покрытий под действием тяжелой транспортной нагрузки и при высокой интенсивности движения, что обеспечивает продление срока службы асфальтобетонных покрытий на 20–25%. Увеличение межремонтных сроков при строительстве и ремонте этих покрытий позволит снизить стоимость на 10–15% [2];

4) применение цемента- и асфальтогранулята.

Повторное использование при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог материалов переработки старого асфальто- и цементобетона является одним из источников экономии материальных и энергетических

ресурсов. Кроме этого, использование таких материалов решает экологические проблемы в части утилизации старых, отработанных материалов и конструкций [3];

5) стабилизация грунтовых вод.

Суть данной методики сводится к тому, что к торфу или глине добавляются специальные добавки (цемент, известь, битум, деготь), которые позволяют сделать основу для будущей дороги более устойчивой, продлить срок службы ее без капитального ремонта, уменьшить водонасыщение обработанного грунта вплоть до полной водонепроницаемости, что ведет к увеличению допустимых нагрузок на дорогу;

6) применение бетонных дорог;

7) применение брусчатки.

Брусчатка — твердое дорожное покрытие, выложенное плоскими прямоугольными (или другой формы) брусками приблизительно одинаковой формы и размера. Сам брусчатый камень имеет высокую стоимость, поэтому сейчас его заменили на бетонную плитку, которую можно выкладывать на некоторых неоживленных улицах города, скорость автомобильного транспорта на которых колеблется от 20 до 50 км/ч. У такой дороги есть свои плюсы. В случае ремонта просто разбирается нужный участок дороги, делается ремонт и все собирается. Если образовалась яма или плитка рассыпалась, просто меняется поврежденная плитка. Еще один плюс такой технологии — внешний вид, четко структурированный рисунок брусчатой укладки, в сравнении с однородной поверхностью асфальта выглядит гораздо лучше.

Однако есть и свои недостатки. Уровень шума по сравнению с асфальтовым и бетонным покрытиями немного выше. Комфортность езды по плитке невысока, вызывает небольшую вибрацию в едущей машине.

Выделить какой-либо определенный наилучший метод строительства и содержания дорожного покрытия очень сложно, так как у каждого метода имеются свои достоинства и недостатки. Каждый метод индивидуальный и применяется в зависимости от поставленных целей, погодных условий и режимов эксплуатации.

В Республике Беларусь, а именно городе Бресте, наиболее рациональными, по мнению авторов работы, являются такие методы, как: применение полужестких цветных покрытий для участков дорог с особо тяжелыми условиями эксплуатации; нанесение тонкого защитного слоя на уже эксплуатируемых дорогах; применение цемента- и асфальтогранулята; применение бетонных дорог; применение брусчатки. Данные методы позволят максимально увеличить срок службы автомобильных дорог в городе Бресте.

#### **Список цитированных источников**

1. Проблемы повышения качества и ресурсосбережения в дорожной отрасли // Сборник трудов Международной научно-технической конференции. — Минск: Издательство: БНТУ, 2013.

2. Рекомендации по приготовлению и применению гранулированного резинобитумного вяжущего: ДМД 02191.2.035-2009.

3. Асфальтогранулят для транспортного строительства. Технические условия: СТБ 1705-2006.

УДК711.554

*Чарыева Г.В.*

*Научный руководитель: ст.пр. Кароза А.И.*

## **РЕНОВАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОН В ГОРОДЕ БРЕСТЕ**

Крупные территории пустующих предприятий в центральных частях городов зачастую становятся источником потенциальной опасности и дискомфорта. Изолированность таких территорий приводит к разрозненности городской среды. Реновация таких территорий, насыщение их общественными функциями делает городское пространство более интегрированным.

Современные социально-экономические условия, вынос крупных предприятий из центральных зон городов, когда пустующие площади промышленных предприятий используются как территориальный резерв для расширения жилых и общественных пространств, требуют нового подхода к организации транспортных и пешеходных потоков. Для интегрирования крупных производственных объектов в городскую среду, для эффективной адаптации этих пространств под общественные и прочие функции необходимо обеспечить их оптимальную транспортную и пешеходную доступность.

Использование пустующих территорий промышленных объектов в настоящее время — один из распространенных способов решения проблемы уплотнения городской застройки в центральных зонах городов. При применении крупных объемов производственных зданий под иную функцию (жилую, общественную и пр.) создается живое, эстетически выразительное пространство, характерное высокой контрастностью и разнообразием пространственных решений.

Со времен Советского Союза Брест является мощным производственным узлом. В городе было открыто множество организаций разных сфер деятельности: от пищевой до строительной. Пик развития этих предприятий пришелся на конец 90-х начало 2000-х годов. После этого периода взлетов по многим причинам, основной из которых является экономическая составляющая государства, эти организации были расформированы либо просто перестали действовать. Таким образом, дело анулировано, а помещения и здания остались. Что же делать с таким большим количеством производственных зданий по всему городу, будь то центр или окраины, необходимо найти способ реинкарнации, реконструкции, реставрации либо утилизации данных объектов.

В современных городах Европы растет количество промышленных зданий, которые по различным причинам не используются. Чаще всего этот процесс связан с изменениями в производственной сфере: устаревание технологий, перенос некоторых видов производства в страны с более дешевой рабочей силой. В условиях Беларуси экономические проблемы также приводят к появлению неиспользуемых для производства зданий.

В современной архитектурной практике промышленные здания адаптируются для различных общественных функций, что позволяет использовать их архитектурно-пространственный потенциал.

В 2010 году был представлен проект филармонии в Гамбурге (арх. Ж. Херцог и П. де Мейрон). Это здание — объем из двух составляющих: цокольный уровень — бывший склад бобов (постройка 1963 года), в котором

размещен паркинг, верхний — новый объем, вмещающий три концертных зала, отель и жилые квартиры. Общая высота здания 110 метров, на которых осуществляется «столкновение» различных архитектурных тем, которые противопоставлены друг другу и придают этому зданию особый интерес. Здесь также проявляется подход к реновации, при котором старое здание практически не меняет своих архитектурных характеристик, а выступает в качестве составляющей новой архитектурной структуры [1].

Еще один пример из Австрии, город Вена, газгольдеры XIX века. При их реновации проявилась тенденция современного освоения производственных зданий, при которой максимально сохраняются и используются архитектурные достоинства старых промышленных объектов.

Главная архитектурная ценность зданий газгольдеров — это их монументальность, замкнутость объемов и проработка деталей кирпичных стен. Принявшие участие в проектировании этого известного комплекса архитекторы Ж. Нувель., В. Хольцбауер, М. Ведорн и группа «Химмельблау» представили замкнутые цилиндры газгольдеров, построенные в конце XIX века, как суровые примеры промышленной архитектуры, но изменили их внутреннее наполнение [2].

Примеры архитектурной практики реновации показывают, что реновация промышленных зданий наиболее эффективно с точки зрения создания новой архитектурной структуры может осуществляться на основе приемов, определенных как «идентификация», «имитация», «аналогия», «аппликация». Эти приемы могут быть рекомендованы для использования при реновации промышленных зданий в городах Беларуси.

Градостроительство и организация жилой и общественной среды в городе — сложная тема для разговора, тем более на сегодняшний день, когда промышленность шагает семимильными шагами и жилищное строительство не стоит на месте. Находят замену всему устаревшему и уже не актуальному. Разные виды производств прекращают свое существования, просто потому что перестают быть востребованы. Многие жилые здания сносят просто потому что они не соответствуют нормам нынешнего времени. Приведенные мной примеры и предложения обоснованы тем, что здания на этих территориях находятся не в самом плачевном состоянии и могут эксплуатироваться еще минимум 20–25 лет. Реконструкция, конечно не дешевое удовольствие, но оно дешевле нового строительства. Лучше отделать и переоборудовать старое, если оно в хорошем состоянии и построено из надежных строительных материалов, нежели сносить и строить заново уже неизвестно из каких материалов, тем более в наше нелегкое время кризисов и нестабильных курсов.

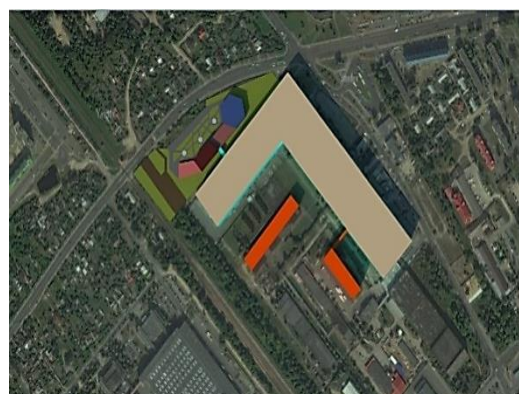
В городе Бресте меня привлекли 2 участка бывших промышленных зон, ныне не действующих, либо частично функционирующих (рис. 1). Это завод «Цветотрон», точнее прилегающий к нему пустующий участок, за остановкой общественного транспорта. Как мне стало известно, некоторые помещения бывшего завода отданы под аренду мелким частным организациям. Эти помещения выходят окнами на улицу Суворова. Этот пустующий участок занимает довольно большую площадь.

Мое предложение состоит в следующем: территорию за остановкой благоустроить под пешеходную аллею с дорожками для велосипедистов и пешеходов, а другую часть отдать под строительство делового центра с галерейными

связями на втором уровне с действующими помещениями «Цветотрона». С подъездом автотранспорта тоже вопрос можно решить: часть территории обустроить парковочными местами и проездом (если такой будет нужен) к производственной части, а также к деловому центру (рис. 2).



**Рисунок 1** – Схема размещения промышленной зоны «Цветотрон»



**Рисунок 2** – Рекомендации по оптимизации территории

На схеме приблизительно можно увидеть предполагаемый деловой центр с этажностью, варьирующей между 9-ю и 3-мя этажами. Здесь могут располагаться офисы тех организаций, которые арендуют помещения, а также офисы новых предприятий, которые, возможно, в дальнейшем будут арендовать либо полностью скупят территорию бывшего завода «Цветотрон».

Благоустройство территории за остановкой даст возможность укоротить путь пешеходов с остановки до домов либо до работы.

Парковочные места необходимы как для служащих предприятий, так и для пользователей услугами данных предприятий.

Что можно предпринять с самими зданиями бывшего завода, неиспользуемыми на данный момент? Можно было переоборудовать эти здания под новое производство, например, текстильное или пищевое. (Тут уже моё личное предложение — учитывая мое происхождение, я из солнечного Туркменистана). Промышленность у меня на родине развивается еще со времен Советов, основным направлением считается производство текстильной продукции из хлопка, а также производство хлопкового масла из семян хлопка.

Цветотрон — довольно большая территория, часть которой можно было бы переоборудовать под теплицы с использованием искусственного освещения и подачи тепла при помощи панелей Solar (солнечных табарей) для выращивания собственного урожая хлопка, часть зданий послужила бы для очистки и дальнейшей обработки сырья, а оставшаяся часть для производства хлопкового масла. Для данной пищевой промышленности можно выделить довольно незначительную часть территории, главное — организовать стерильную среду и оборудовать нужными механизмами несколько залов.

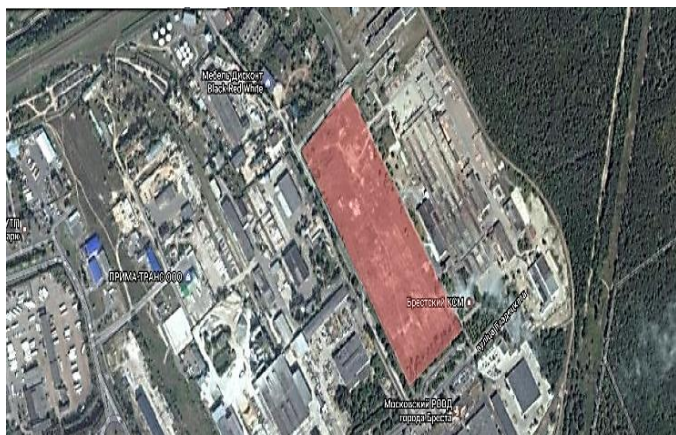
Возможно, эта идея утопична, но учитывая дальнейшую смену климата (в Беларуси он значительно изменился, появилась проблема жаркого лета и не такой холодной зимы — последствия глобального потепления) такое будет возможно, допустим, через 10–15 лет.

Второй участок промышленной зоны в городе Бресте, который я выбрала — это территория, принадлежащая КСМ (комбинат строительных материалов) (рис. 3.). На данный момент это пустырь. За остановкой общественного

транспорта (конечная троллейбуса № 4). Вокруг данной территории находится множество предприятий, связанных со строительством и другими сферами, напротив расположен Московский РОВД.

Мое предложение состоит в следующем: данный пустырь благоустроить под пешеходную аллею.

Половину территории отдать под общественную зону (кафе, магазины, парковочные места), а половину — под станцию технического обслуживания с торговой зоной автомобильного инвентаря и строительных материалов.



**Рисунок 3** – Размещение производственной зоны КСМ



**Рисунок 4** – Предложение по оптимизации территории

Обосновываю: организация общественного питания на данной территории оправдывается тем, что людям, трудящимся на близлежащих предприятиях во время обеденного перерыва просто некуда сходить покушать. За час обеденного времени работники могли бы спокойно пообедать, отдохнуть, закупить продукты домой и дальше работать до вечера. Также предлагаю включить зеленую зону для отдыха на свежем воздухе в теплое время года.

Отдельно обустроенная парковка необходима для автомобилей рабочих и посетителей предприятий. А если возникнут проблемы с автомобилем, то возможно устранить неполадки в СТО.

Соглашусь, очень странно будет выглядеть этот зеленый островок среди большой промышленной зоны, но тем не менее такой вариант имеет место быть по простой причине того, что кратковременный отдых сотрудников близлежащих предприятий будет способствовать прогрессивному развитию производства. Ведь уставший человек не особо трудоспособен во второй половине дня, а если дать ему часок отдохнуть на свежем воздухе, он будет заметно лучше трудиться.

Что сделать находящимися поблизости неиспользуемыми зданиями. Тут мое предложение заключается в развитии кинематографии и творческой деятельности. Довольно большая площадь, как можно увидеть на слайде. Эту часть промышленной зоны предлагаю отдать под оборудованные павильоны для киносъемки. Высота помещений позволяет устраивать здесь крупномасштабные декорации.

Вторую часть территории, которую можно наблюдать на следующем слайде, можно реконструировать под оздоровительный центр с физиотерапевтическим уклоном. То есть лечение физического здоровья человека без уколов и операций. Тут могли бы лечиться разные слои населения — и молодежь, и пожилые люди.



Ездить на приемы и курсы лечения можно с помощью общественного транспорта. Почему именно оздоровительный центр и именно здесь. Потому что поблизости находится лесополоса, которая могла бы способствовать эффективному лечению на свежем воздухе. Какой свежий воздух на окраине промышленной зоны, спросите вы. Так там ведь почти и нет этого производства как такового, за исключением организаций, занимающихся проектированием и градостроительством. Просто я имею в виду, что нет поблизости так называемого вредного производства, которое бы портило окружающую среду и атмосферу в этом районе.

#### **Список цитированных источников**

1. Architectural Digest. [Электронный ресурс] // Филармония по проекту Herzog&Meuron в Гамбурге. Режим доступа: [http://www.admagazine.ru/arch/100695\\_elbskaya-filarmoniya-po-proektu-herzog-de-meuron.php](http://www.admagazine.ru/arch/100695_elbskaya-filarmoniya-po-proektu-herzog-de-meuron.php) – Дата доступа: 18.03.2017.

2. OmyWorld.ru [Электронный ресурс] // Газгольдеры в Вене. Режим доступа: <http://omyworld.ru/2541>. – Дата доступа: 20.03.2017.

## Содержание

### ПРОБЛЕМЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

<i>Антонович О.В., Жолох А.А.</i> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Мешик О.П.</i> СОДЕРЖАНИЕ ЖЕЛЕЗА В ВОДЕ РЕКИ ПРИПЯТЬ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ .....	4
<i>Бурбиль М.О., Чиж Д.В.</i> <i>Научные руководители к.т.н., доцент Мешик О.П., доцент Шпока И.Н.</i> ГОЛОЛЕДНО-ИЗМОРОЗЕВЫЕ ЯВЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ .....	8
<i>Гилева А.С.</i> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Акулич Т.И.</i> РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ .....	10
<i>Глинская Т.Ю., Ольховик И.Б.</i> <i>Научный руководитель: м.т.н. Янчилин П.Ф.</i> ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ОБРАБОТКИ ВОЗДУХА В ЦЕНТРАЛЬНОМ ПРОМЫШЛЕННОМ КОНДИЦИОНЕРЕ В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД .....	13
<i>Гришко А.С., Ясютчик М.И.</i> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Левчук Н.В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ БРЕСТСКОГО МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА В КАЧЕСТВЕ АКТИВИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ В АСФАЛЬТОБЕТОНЫ .....	18
<i>Жолох А.А., Антонович О.В.</i> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Мешик О.П.</i> АНАЛИЗ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДЫ РЕКИ ПРИПЯТЬ .....	22
<i>Кисинский П.А., Лыжин П.А.</i> <i>Научный руководитель: заведующий кафедрой НиИГ Винник Н.С.</i> ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЛАЙДОВОЙ СИСТЕМЫ AUTOCAD .....	26
<i>Ковальчук И.В., Макаруч Д.В.</i> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Омель Д.В.</i> ШАГАЮЩИЕ МЕХАНИЗМЫ НА ОСНОВЕ INVENTOR 2017 .....	29
<i>Марчук А.А., Лашко А.О.</i> <i>Научный руководитель: доцент Левчук Н.В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН В ПРОЦЕССЕ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОДЫ .....	32
<i>Пилипович А.П., Сидорук Д.И.</i> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Морозова В.А.</i> 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОБУСА МАЗ 104 В ГРАФИЧЕСКОМ РЕДАКТОРЕ КОМПАС-3D .....	35
<i>Тур А.В.</i> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Тур Э.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ И ОКРАСОЧНЫХ СОСТАВОВ РЕСТАВРИРУЕМОГО ЗДАНИЯ ПО УЛ, ЧКАЛОВА, В Г. БРЕСТЕ .....	38

<i>Хартонович К.В., Писарев Ю.О.</i> <i>Научный руководитель: м.т.н., старший преподаватель Янчилин П.Ф.</i> <b>ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА В ДВА ПЕРИОДА ГОДА (ХОЛОДНЫЙ И ТЕПЛЫЙ) .....</b>	<b>42</b>
<i>Хевук А.В., Дмитрук В.В.</i> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Волкова Г.А.</i> <b>УДАЛЕНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД .....</b>	<b>48</b>
<i>Цеван А.В., Марковский Р.А.</i> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Шевчук Т.В.</i> <b>ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОЗДУХОВОДОВ .....</b>	<b>52</b>
<i>Яловой П.С.</i> <i>Научный руководитель: доцент Яловая Н.П.</i> <b>ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПОЧВОГРУНТА НА ОСНОВЕ СБРОЖЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ «ЗЕЛЕННОГО БЛАГОУСТРОЙСТВА» СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ .....</b>	<b>54</b>
<i>Янусик Н.Л., Пороткова И.Н.</i> <i>Научный руководитель: к.г.н. Шпока И.Н.</i> <b>ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ ШКВАЛОВ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ .....</b>	<b>57</b>
<b>ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ</b>	
<i>Антоник И.А.</i> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Хведчук В.И.</i> <b>ПОДХОД К МЕТОДУ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ АНАЛИЗА СВОЙСТВ ТОПОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ .....</b>	<b>61</b>
<i>Вацкель Р.С.</i> <i>Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Швычкина Е.Н.</i> <b>СРАВНЕНИЕ ФАЗОВЫХ ТРАЕКТОРИЙ ХЕМОСТАТ-МОДЕЛИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТЕЙ РОСТА ОРГАНИЗМОВ .....</b>	<b>63</b>
<i>Воробей И.С.</i> <i>Научный руководитель: доцент Прокопеня О.Н.</i> <b>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИМАНИЕ ДВУХКОЛЕСНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА .....</b>	<b>67</b>
<i>Забродский К.В.</i> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Шуть В.Н.</i> <b>СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ И ПОМОЩИ НА ДОРОГАХ .....</b>	<b>70</b>
<i>Кашин А.В., Милютин О.Н.</i> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Шуть В.Н.</i> <b>ОРГАНИЗАЦИЯ КООРДИНИРОВАНИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПО МАГИСТРАЛИ .....</b>	<b>72</b>
<i>Малахов М.В., Хваль Д.Ю.</i> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Шуть В.Н.</i> <b>ГЕНЕРАЦИЯ ГРАФОВ ПУТЕМ ДОБАВЛЕНИЯ ПЕРЕМЫЧКИ .....</b>	<b>75</b>
<i>Христолюбова А.Д., Слинко Е.В.</i> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Шуть В.Н.</i> <b>АДАПТИВНЫЕ И ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ «ИНФОБУС» .....</b>	<b>77</b>
<i>Черкасов А.А.</i> <i>Научные руководители: к.т.н., доцент Шуть В.Н.</i> <b>МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ .....</b>	<b>80</b>

<b>Шамонин В.П.</b> <i>Научный руководитель: д.т.н., доцент Костюк Д.А.</i> <b>О ВАРИАНТАХ РЕАЛИЗАЦИИ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ РУКИ АНТРОПОМОРФНЫМ МАНИПУЛЯТОРОМ .....</b>	<b>83</b>
<b>Шамонин В.П.</b> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.</i> <b>АРХИТЕКТУРА АНТРОПОМОРФНОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО МАНИПУЛЯТОРА НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO .....</b>	<b>86</b>
<b>Шукало В.С.</b> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Шуть В.Н.</i> <b>СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ РАЗЪЕЗДОМ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ.....</b>	<b>88</b>
<b>ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА</b>	
<b>Гинжук А.Н., Германович А.А.</b> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Концевич П.С.</i> <b>ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДЛЯ КОРРЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕРВАЛОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....</b>	<b>93</b>
<b>Крупский А.Н.</b> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Саливончик Ю.Н.</i> <b>ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИОННОГО СИГНАЛА ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ВО ВРЕМЯ ОБРАБОТКИ .....</b>	<b>95</b>
<b>Лавринович Р.С., Сакович Ю.В., Дорофеев М.А.</b> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Ляшук Н.У.</i> <b>ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ УБОЯ И РАЗДЕЛКИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 25 ГОЛОВ В ЧАС.....</b>	<b>99</b>
<b>Лавринович Р.С., Сакович Ю.В., Дорофеев М.А.</b> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Ляшук Н.У.</i> <b>АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УБОЯ И РАЗДЕЛКИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА, ВХОДЯЩЕГО В СОСТАВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 25 ГОЛОВ В ЧАС.....</b>	<b>103</b>
<b>Лазарук А.А., Антипович А.В.</b> <i>Научные руководители: д.т.н., профессор Сазонов М.И., к.т.н., доцент Черноиван Н.В.</i> <b>ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСТНЫХ ОТХОДОВ.....</b>	<b>106</b>
<b>Мелещук Д.В.</b> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Медведев О.А.</i> <b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧАСТКА МЕХООБРАБОТКИ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ .....</b>	<b>109</b>
<b>Носиченко А.Н., Бухтияров Е.Б., Титовец Р.А.</b> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Ляшук Н.У.</i> <b>КЛАССИФИКАЦИЯ ЦЕНТРИФУГ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СУБПРОДУКТОВ ПО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ.....</b>	<b>113</b>
<b>Носиченко А.Н., Бухтияров Е.Б., Титовец Р.А.</b> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Ляшук Н.У.</i> <b>РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ ЦЕНТРЕФУГИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СУБПРОДУКТОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ МЯСОЖИРОВЫХ ПРОИЗВОДСТ МАЛОЙ МОЩНОСТИ .....</b>	<b>116</b>

<i>Пилипук С.О., Королюк М.А.</i> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Ляшук Н.У.</i> АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ВХОДЯЩЕГО В СОСТАВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ УБОЯ СВИНЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 16 ГОЛОВ В ЧАС И КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 5 ГОЛОВ В ЧАС .....	119
<i>Пилипук С.О., Королюк М.А.</i> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Ляшук Н.У.</i> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ УБОЯ СВИНЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 16 ГОЛОВ В ЧАС И КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 5 ГОЛОВ В ЧАС, СОВМЕЩЕННЫЕ В «ЧИСТОЙ ЗОНЕ» .....	123
<i>Сверба С.В., Габзалилов Р.М., Рассохин Р.В.</i> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Ляшук Н.У.</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ УБОЯ И РАЗДЕЛКИ СВИНЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 120 ГОЛОВ В ЧАС .....	127
<i>Сверба С.В., Габзалилов Р.М., Рассохин Р.В.</i> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Ляшук Н.У.</i> АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ВХОДЯЩЕГО В ЛИНИЮ ДЛЯ УБОЯ И РАЗДЕЛКИ СВИНЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 120 ГОЛОВ В ЧАС .....	131
<i>Трофимчук А.С.</i> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Докало Ю.А.</i> ОСОБЕННОСТИ КИНЕМАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ПРИВОДОВ ПОДАЧ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫХ СТАНКОВ.....	133
<b>ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ</b>	
<i>Андреюк А.В.</i> <i>Научный руководитель: ассистент Санникова О.Г.,</i> СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПЛОСКИХ САМОНАПРЯЖЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА СТАДИИ РАСШИРЕНИЯ БЕТОНА.....	138
<i>Антипорович А.В., Цымляков В.М.</i> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Тюшкевич Т.Н.</i> КАРКАСНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ.....	142
<i>Воробей А.П.</i> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Срывкина Л.Г.</i> К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТОИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ .....	144
<i>Воробей А.П.</i> <i>Научный руководитель: доцент Черненко С.В.</i> ЭКСПОРТ СТРОИТЕЛЬНЫХ УСЛУГ ПО БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА 2016 ГОД .....	149
<i>Горбат Я.В., Лизогуб А.А.</i> <i>Научный руководитель: к.т.н. Тур А.В.</i> РАСЧЕТ ПЛОСКИХ МОНОЛИТНЫХ ДИСКОВ ПЕРЕКРЫТИЯ С ПОМОЩЬЮ СЕТОЧНОГО МЕТОДА .....	152
<i>Демчук К.С.</i> <i>Научный руководитель: доцент Зинкевич И.В.</i> СРАВНЕНИЕ ТКП ЕН 1991-1-4 В СНиП 2.01.07 ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ВЕТРОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ДЫМОВЫЕ ТРУБЫ .....	159

<b>Касьян М.А.</b> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Кисель Е.И.</i> <b>ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА В ПРАКТИКЕ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ НЕДВИЖИМОСТИ .....</b>	<b>162</b>
<b>Каштелян М.Э.</b> <i>Научный руководитель: к.т.н. Шалобыта Н.Н.</i> <b>ОЦЕНКА УСИЛИЙ В РАМАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ ПО РАЗЛИЧНЫМ НОРМАМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ .....</b>	<b>166</b>
<b>Козлович Ю.Н.</b> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Фоменкова С.Ф.</i> <b>ДОСТУПНОСТЬ СРЕДЫ В ГОРОДЕ БРЕСТЕ .....</b>	<b>171</b>
<b>Кологрив О.Н., Островская Д.С.</b> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Леванюк С.В.</i> <b>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИННОВАЦИОННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ДОРОЖНОГО РАЗВИТИЯ НА ПРИМЕРЕ МОГИЛЕВСКОГО ОАО «ДСТ № 3» И ГРОДНЕНСКОГО ОАО «ДСТ № 6».....</b>	<b>174</b>
<b>Кравчук А.А.</b> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Леванюк С.В.</i> <b>РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ КУП «ЖИЛИЩНОЕ РЕМОНТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ Г. БРЕСТА» .....</b>	<b>178</b>
<b>Лобик М.А., Корженевич А.В.</b> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Федосюк Н.А.</i> <b>ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....</b>	<b>182</b>
<b>Марчук И.Н.</b> <i>Научный руководитель: профессор Уласевич В.П.</i> <b>МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ КОМБИНАТОРИКИ И ТЕОРИИ ЧИСЕЛ .....</b>	<b>186</b>
<b>Мелюх Д.В.</b> <i>Научный руководитель: доцент, к.т.н. Жук В.В.</i> <b>ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СОСТАВНЫХ БАЛОК НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ ПЛАСТИНАХ.....</b>	<b>191</b>
<b>Наривончик С.Л., Бондарчук О.В.</b> <i>Научные руководители: доцент Кофанов В.А., старший преподаватель Тюшкевич Т.Н.</i> <b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ В МАТНСАД ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОТЛОВАНОВ И ТРАНШЕЙ.....</b>	<b>194</b>
<b>Олесик Е.С., Пархомук И.П.</b> <i>Научные руководители: старший преподаватель Горбачевский В.В., доцент Веремейчик А.И.</i> <b>РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ И НЕОПРЕДЕЛИМЫХ БАЛОК В СИСТЕМЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ «МАТНСАД» .....</b>	<b>197</b>
<b>Острейко Н.А., Пахомский П.В.</b> <i>Научные руководители: доцент Кофанов В.А., старший преподаватель Хомицкая Т.Г.</i> <b>РАЗРАБОТКА ВСТРОЕННОЙ ФУНКЦИИ МАТНСАД ДЛЯ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ КОНЕЧНО-РАЗНОСТНЫХ УРАВНЕНИЙ ТЕПЛО- И ВЛАГОПЕРЕНОСА .....</b>	<b>201</b>

<b>Подлужная А.А.</b> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Белоглазова О.П.</i> <b>МЕТОДЫ УЧЕТА ИЗНОСА ПРИ ОЦЕНКЕ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ .....</b>	<b>204</b>
<b>Практика А.О.</b> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Мартысюк Н.А.</i> <b>ЭКОНАПРАВЛЕННАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ КРУПНОПАНЕЛЬНОГО МНОГОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ФОНДА.....</b>	<b>209</b>
<b>Прилепа А.В., Федынич В.В.</b> <i>Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.</i> <b>О ВЛИЯНИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И ЖЕСТКОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ВЕЛИЧИНУ УСИЛИЙ В ДВУХШАРНИРНЫХ АРКАХ С ПОДВЕСНОЙ ЗАТЯЖКОЙ.....</b>	<b>212</b>
<b>Прилепа А.В., Федынич В.В.</b> <i>Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.</i> <b>О СТАТИСТИЧЕСКОМ РАСЧЕТЕ ДВУХШАРНИРНЫХ АРОК С ПОДВЕСНОЙ ЗАТЯЖКОЙ .....</b>	<b>214</b>
<b>Прокопович М.А.</b> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Мартысюк Н.А.</i> <b>РЕКОНСТРУКЦИЯ ЖИЛОЙ СРЕДЫ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ДОМОВ МАССОВЫХ СЕРИЙ В БЕЛАРУСИ .....</b>	<b>217</b>
<b>Семенюк Е.А.</b> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Яромчик Н.Н</i> <b>МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕМИИ ЗА РИСК ИЗНОСА НА ОСНОВАНИИ ПРЯМОГО РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗА КОНСТРУКЦИИ .....</b>	<b>220</b>
<b>Сидорук К.С.</b> <i>Научный руководитель: доцент Зинкевич И.В.</i> <b>СОЕДИНЕНИЯ ЛЕГКИХ ТОНКОСТЕННЫХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ВЫТЯЖНЫХ ЗАКЛЕПКАХ .....</b>	<b>224</b>
<b>Скуратов В.А.</b> <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Зуева Л.Ф.</i> <b>СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТИ СПОСОБОВ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ И ПОЛЯРНЫХ КООРДИНАТ ПРИ ДЕТАЛЬНОЙ РАЗБИВКЕ КРУГОВЫХ КРИВЫХ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ .....</b>	<b>228</b>
<b>Супрунюк В. В.</b> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Кароза А.И.</i> <b>ПРОБЛЕМА НЕХВАТКИ ПЕШЕХОДНЫХ МАРШРУТОВ И СПОСОБ ЕЁ РЕШЕНИЯ В ГОРОДЕ БРЕСТЕ .....</b>	<b>231</b>
<b>Трофимук П.А., Ракович И.А.</b> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Концевич П.С.</i> <b>ПРОДЛЕНИЕ СРОКОВ СЛУЖБЫ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ В ГОРОДЕ БРЕСТЕ.....</b>	<b>234</b>
<b>Чарыева Г.В.</b> <i>Научный руководитель: старший преподаватель Кароза А.И.</i> <b>РЕНОВАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОН В ГОРОДЕ БРЕСТЕ .....</b>	<b>237</b>

Научное издание

# СБОРНИК КОНКУРСНЫХ НАУЧНЫХ РАБОТ СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ

## Часть I

Ответственный за выпуск: **Рубанов В.С.**  
Редактор: **Боровикова Е.А.**  
Компьютерная вёрстка: **Колб К.С.**  
Корректор: **Никитчик Е.В.**

---



Издательство БрГТУ.  
Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/235 от 24.03.2014 г.  
Подписано к печати 25.08.2017 г.  
Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага «Performer». Гарнитура «Arial».  
Усл. п. л. 14,4. Уч.-изд. л. 15,5.  
Тираж 30 экз. Заказ № 845.  
Отпечатано на ризографе Учреждения  
образования «Брестский государственный  
технический университет»  
224017, Брест, ул. Московская, 267.