

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

**СБОРНИК КОНКУРСНЫХ  
НАУЧНЫХ РАБОТ  
СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ**  
**Часть I**

**Брест 2020**

УДК 624;628;+338:339

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

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

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

Издаётся в 2 частях. Часть 1.

ISBN 978-985-493-501-0 (ч.1)

ISBN 978-985-493-503-4

**Редакционная коллегия:** главный редактор: к. т. н., доцент Шалобыта Н. Н.  
зам. главного редактора: к. т. н., доцент Кандыбо С. Н.  
зам. главного редактора: к. т. н., профессор Шведовский П. В.  
зам. главного редактора: к. э. н., зав. кафедрой Черноокая Е. В.

**Члены редколлегии:** ст. преподаватель Кузьмина Е. В.  
ст. преподаватель Винник Н. С.  
ст. преподаватель Парфиевич А. Н.  
ст. преподаватель Хомицкая Т. Г.  
ассистент Смутько Т. В.

УДК 624;628;+338:339

ISBN 978-985-493-501-0 (ч.1)  
ISBN 978-985-493-503-4

© Издательство БрГТУ, 2020

**ПРОБЛЕМЫ  
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
СТРОИТЕЛЬСТВА И ОХРАНЫ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

## **АНАЛИЗ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА ТРУБОПРОВОДЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛОТЫ**

В проектах систем отопления зданий должны применяться энергоэффективные технические решения, энергосберегающие технологии и оборудование, обеспечивающие рациональное использование топливно-энергетических ресурсов [1, с. 4].

Применение механической вентиляции с рекуперацией теплоты позволяет свести к нулю расход теплоты на нагрев инфильтрующегося наружного воздуха. Следовательно, общие потери теплоты в помещении снизятся и уменьшится объем применяемых радиаторов, что в свою очередь приведет к уменьшению диаметров и цены на трубопроводы, так как уменьшится расход теплоносителя.

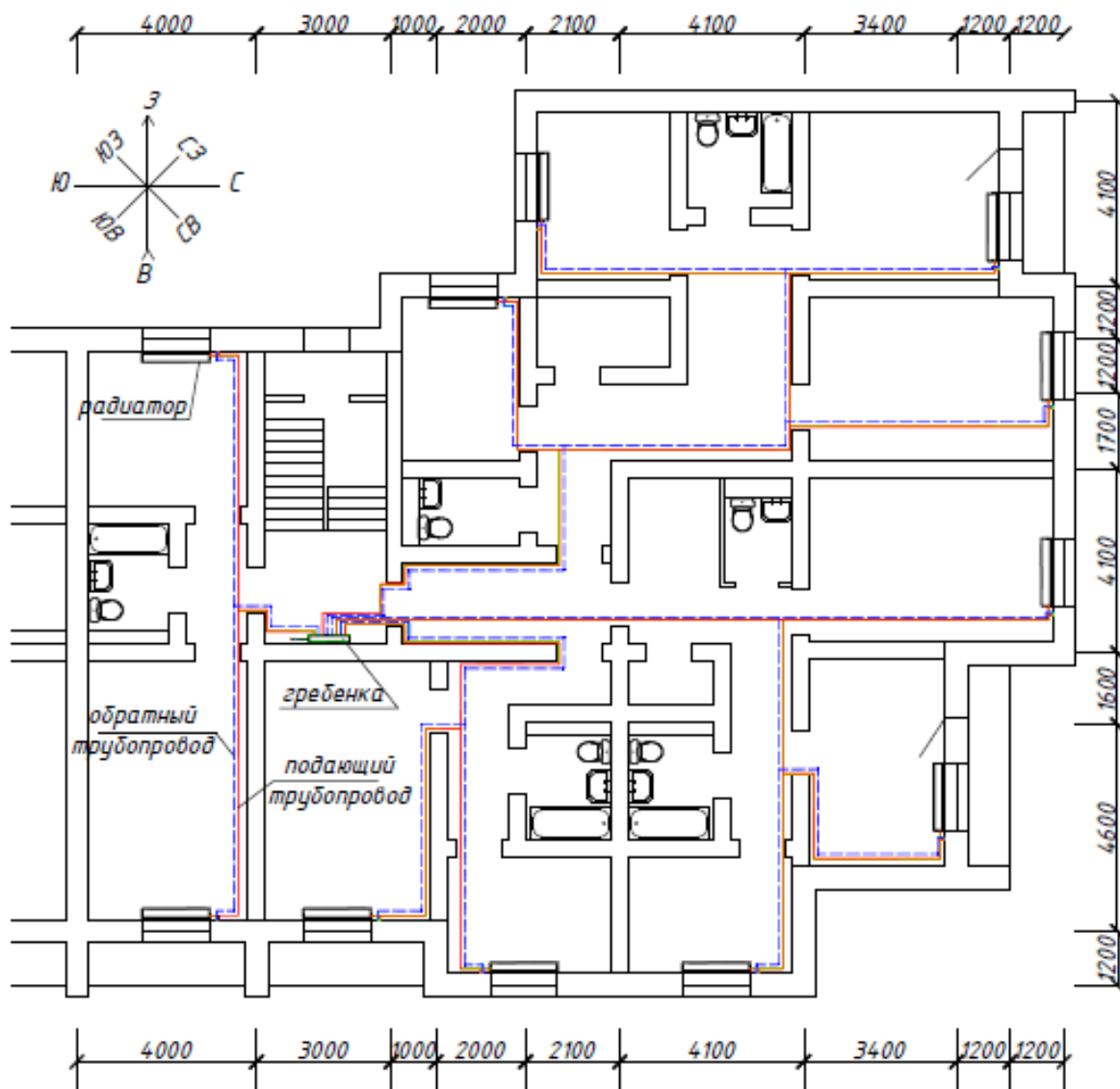
Для сравнения расхода денежных средств на трубы мы выбрали материал трубопроводов СВО – металлопласт. Данный вид труб представляет собой алюминиевую основу, которая с внутренней и внешней стороны защищена полиэтиленовыми слоями (пластик – алюминий – пластик). Прокладка трубопроводов системы отопления предусматривается скрытой. Утепление в таких случаях считается нецелесообразным. Соединение труб осуществляется при помощи компрессионных фитингов. Преимущество компрессионного соединения состоит в том, что установка не требует применения специального инструмента и оборудования, при этом остается возможность при необходимости демонтировать соединение [2, с.16].

В данной статье выполнен анализ затрат на систему отопления при использовании механической системы вентиляции с рекуперацией теплоты и при использовании естественной системы вентиляции на примере многоквартирного жилого дома, находящегося в г. Шарковщина.

При проектировании многоквартирного жилого дома в городе Шарковщина были приняты следующие параметры :

- Температура воздуха в холодный период года  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Ориентация главного фасада здания по сторонам света – запад.
- Система теплоснабжения – централизованное теплоснабжение от ТЭЦ с параметрами воды в тепловой сети  $T_{г}=120\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $T_{о}=70\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Система отопления – водяная с искусственной циркуляцией, двухтрубная, с параметрами воды  $t_{г}=90\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $t_{о}=70\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Давление, передаваемое в систему отопления из тепловой сети,  $P = 5,2\text{ кПа}$ .





**Рисунок 1 – План секции многоквартирного здания с нанесением трубопроводов и радиаторов**

В результате подсчетов стоимости системы отопления одного этажа многоквартирного дома при использовании механической вентиляции с рекуперацией тепла снижение затрат на трубопроводы составило 5 белорусских рублей. Таким образом, экономия в 5-этажном здании составит 25 белорусских рублей; в 9-и этажном здании – 45 белорусских рублей; в 12-этажном здании – 60 белорусских рублей.

#### **Список цитированных источников**

1. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СНБ 4.02.01–03. – Минск, 2004.
2. Методические указания для курсового проектирования по дисциплине «Отопление» на тему «Отопление гражданского здания» / Составители: В.Г. Новосельцев, Д.В. Новосельцева – Брест, 2017. – 47с.

## ПОДБОР ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ПРОГРАММЕ WinClim II Version 2.0.83

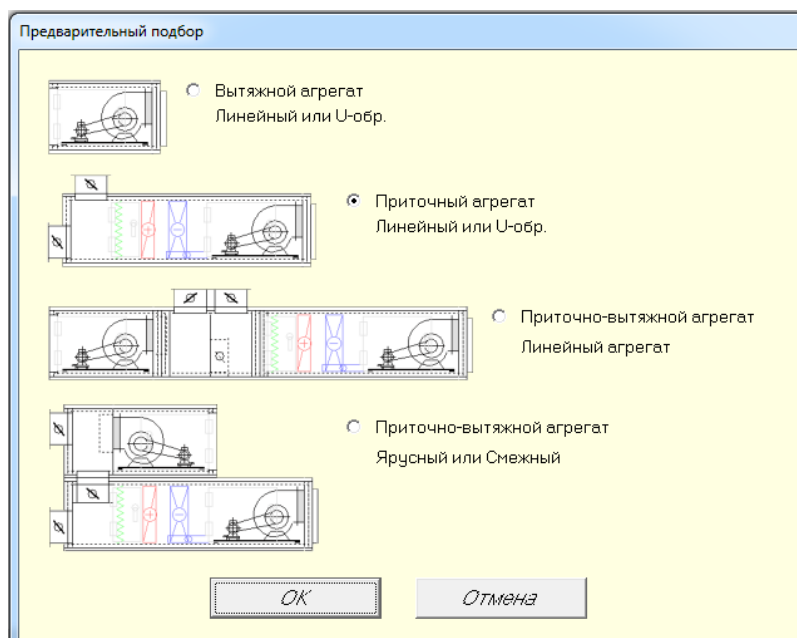
Всё вентиляционное оборудование подразделяется на несколько определённых категорий, различающихся между собой по таким параметрам, как мощность, размеры, внешний вид. Выбрать вентиляционное оборудование можно исходя из конечной цели [1].

Существуют такие его виды, как приточная вентиляция, основной функцией которой является доставка в помещение максимально возможного количества чистого воздуха. Вытяжная вентиляция позволяет очистить и удалить из помещения загрязнённый любыми способами воздух. Приточно-вытяжная вентиляция справляется как с первой, так и со второй функцией указанных ранее типов.

Элементы вентиляции включают в себя достаточно большое количество различных частей, среди которых можно выделить такие как: вентиляторы, щит вентиляции, воздуховоды, фасонные части, канальное оборудование и воздухораспределительные устройства.

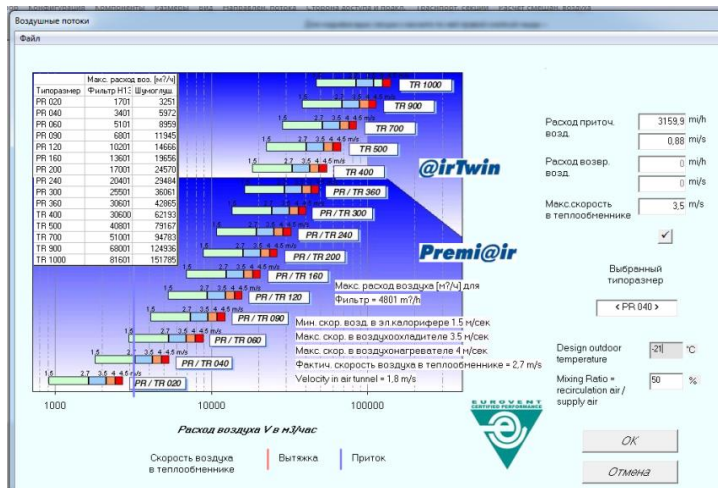
Целью данной работы является подбор оборудования в программе WinClim II Version 2.0.83 [2].

После открытия программы появляется меню программы, в котором требуется выбрать язык, после этого переходим в раздел предварительного подбора установки.



**Рисунок 1– Предварительный подбор установки**

Выберем приточный агрегат – линейный или U-образный.



**Рисунок 2 – Окно ввода данных**

В данном разделе необходимо ввести требуемые параметры приточного воздуха, т. е. его расход и температуру наружного воздуха.

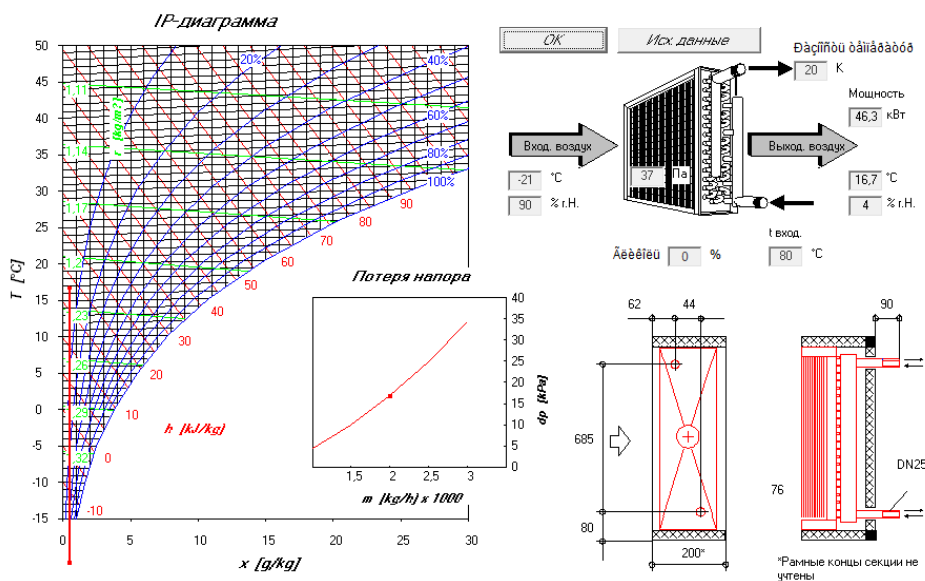
#### Подбор фильтра

Фильтры размещаются в тех частях приточной установки, через которые проходит весь приточный воздух, и так, чтобы защитить от пыли большее число секций установки. Фильтр закреплён в установке с помощью направляющих, которые позволяют легко его демонтировать.

#### Подбор калорифера

Нагревание воздуха в вентиляционных установках осуществляется в теплообменных аппаратах, называемых калориферами.

В результате расчёта калориферов определяется их тип, номер, количество, схемы соединения по воздуху и теплоносителю, аэродинамическое и гидравлическое сопротивление. Исходными данными для подбора калорифера являются: расход приточного воздуха  $L=3159,9 \text{ м}^3/\text{ч}$ , расчетная температура наружного воздуха (параметр Б)  $t_n = -21^\circ\text{C}$ , температура воздуха после калорифера  $t_k = 18^\circ\text{C}$ , плотность воздуха при температуре  $t_k \rho_k = 1,21 \text{ кг}/\text{м}^3$ , параметры теплоносителя  $t_r = 115^\circ\text{C}$ ,  $t_o = 70^\circ\text{C}$ , количество теплоты, необходимое для подогрева приточного воздуха  $Q = 41752,4 \text{ Вт}$ .



**Рисунок 3 – Калорифер**

## Подбор вентилятора

Для перемещения воздуха по воздуховодам в вентиляционных системах общественных и промышленных зданий применяются осевые и радиальные вентиляторы. У радиальных вентиляторов воздух, попадая в спиральный кожух, изменяет свое направление на 90°; у осевых – воздух, проходя через вентилятор, не меняет свое направление.

Основной характеристикой вентиляторов является производительность  $L$ , м<sup>3</sup>/ч. Ее следует определять с учетом потерь и подсосов воздуха в каналах, вводя коэффициент запаса к расчетному количеству воздуха: для воздуховодов длиной до 50 м – 1,1, для остальных – 1,15; развиваемое давление  $P$ , Па – разность полных давлений на всасывании и нагнетании, определяется после расчета сети воздуховодов [3].

*Приточный вентилятор* Изменить

Размеры и вес  Техн. данные  Аксессуары  Фронт. раздача

Вентилятор		Электродвигатель		Производительность	
Типоразмер	ADH 250 L Стандарт	Rated Power	1,1 kW	Расход воздуха	3159,9 м <sup>3</sup> /h
Лопатки	Загн. вперед	Напряжение	230/400V-3ph-50Hz		0,878 м <sup>3</sup> /s
Виброизоляторы	Резиновые	Класс защиты	IP55 Стандарт	Пад. давл. в агр.	155 Pa
Скорость	1353 об/мин	Тепловая	PTO / IE2	Внешнее	270 Pa
Эффективность	58 %	Rated Speed	1440 об/мин	Динам. давление	43 Pa
Shaft power	0,71 kW	Rated Current	2,55 A	Общее давление	468 Pa
		Потреб. мощность	1,1 kW		
			1253 W/(m <sup>3</sup> /s) W/(m <sup>3</sup> /s)		

Уровень шума	Полн.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	* Уровень звук. давл. на расст. <input type="text" value="2"/> m
L <sub>w</sub> воздухов. вверх по п.	79 dB(A)	81 dB	83 dB	75 dB	72 dB	75 dB	71 dB	69 dB	63 dB	
L <sub>p</sub> *	36 dB(A)	48 dB	47 dB	33 dB	30 dB	29 dB	28 dB	20 dB	7 dB	

**Рисунок 4 – Приточный вентилятор**

## Подбор шумоглушителя

Основным источником шума в вентиляционных установках является вентилятор. При работе вентилятора возникает аэродинамический и механический шум.

Аэродинамический шум является преобладающим и вызывается периодическими пульсациями давления, создаваемыми вращающимися лопатками и турбулентным движением потока. Механический шум возникает в результате вибрации стенок вентилятора, в подшипниках, в передаче. Исходными данными для расчёта шумоглушителя: размеры расчетного помещения (зал собраний)  $V = 110$  м<sup>3</sup>, производительность вентилятора  $L = 3476$  м<sup>3</sup>/ч, давление вентилятора  $P_v = 1021$  Па, частота вращения вентилятора  $N = 1440$  об/мин.

**Шумоглушитель** Шумоглушитель 600 мм OK Отмена

Размеры и вес | Техн. данные | Аксессуары

Ширина секции: 715 mm

Высота секции: 895 mm

Длина секции: 700 mm

Потеря давл.: 27 Pa

Доступ: [ ]

Пустая сек. впереди: Нет пустой секции

Цена: -1 Euro

Вес: -1 kg

---

**Шумоглушитель** Шумоглушитель 600 мм OK Отмена

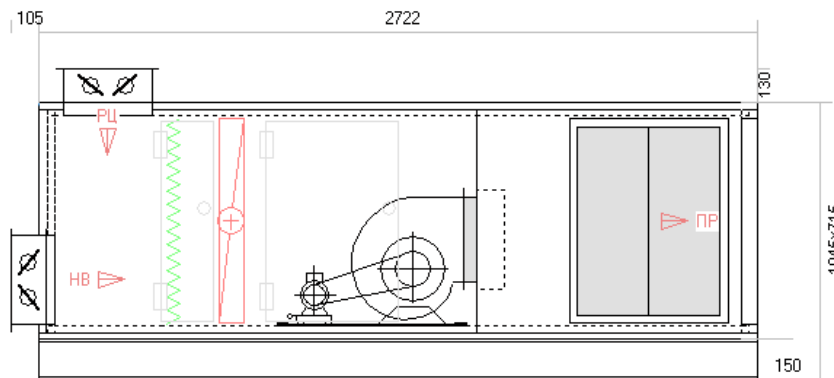
Размеры и вес | Техн. данные | Аксессуары

Ширина разделит.	200 mm	Кол-во разделит.	2	Ск. воздуха	5,3 m/s
Длина разделит.	600 mm			Потеря давл.	27 Pa

Уровень шума	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Затухание	5 dB	7 dB	11 dB	17 dB	22 dB	19 dB	17 dB	11 dB

**Рисунок 5 – Шумоглушитель**

После подбора всех секций получаем полную схему приточной установки по заданным ранее параметрам.



**Рисунок 6 – Приточная установка**

**Вывод:** Введя необходимые данные и подобрав различные секции обработки и подготовки приточного воздуха, получили схему приточной установки с отображением на ней всех подобранных секций, а именно: фильтр, калорифер, вентилятор и шумоглушитель. По окончании получили подробную схему приточной установки.

#### Список цитированных источников

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ventilyaciyadom.ru/elementy-ventilyatsii/obzor-oborudovaniya.html>
2. Программа WinClim II Version 2.0.83.
3. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. проф. Б.М.Хрусталёва – М.:Изд-во АСВ, 2005. – 576 с., 129 ил.

## **АНАЛИЗ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА РАДИАТОРЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛОТЫ**

В процессе вентилирования из помещения вместе с отработанным воздухом утилизируется и часть тепловой энергии. Зимой это приводит к увеличению счетов за энергоресурсы. Сократить неоправданные расходы не в ущерб воздухообмену позволит рекуперация тепла в системах вентиляции. Суть рекуперации заключается в подогреве выходящим из помещения теплым воздухом холодного входящего воздуха, который входит в дом для его проветривания и вентиляции.

Применение механической вентиляции с рекуперацией теплоты позволяет свести к нулю расход теплоты на нагрев инфильтрующегося наружного воздуха. Следовательно, общие потери теплоты в помещении снизятся и уменьшится объем и цена применяемых радиаторов.

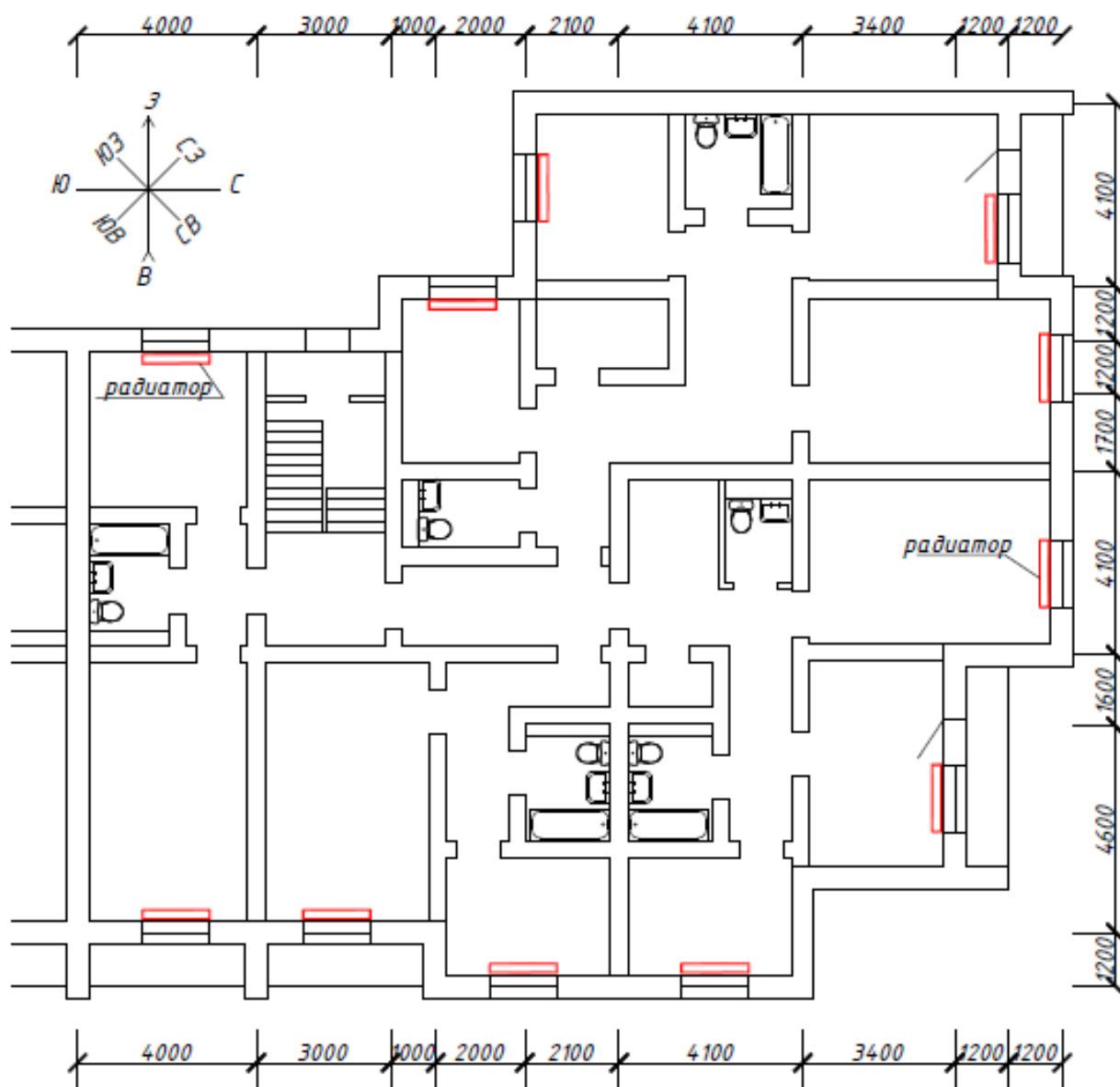
В данной статье выполнен анализ затрат на систему отопления при использовании механической системы вентиляции с рекуперацией теплоты и при использовании естественной системы вентиляции на примере многоквартирного жилого дома, находящегося в г. Шарковщина.

При проектировании многоквартирного жилого дома в городе Шарковщина были приняты следующие параметры :

- Температура воздуха в холодный период года  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Ориентация главного фасада здания по сторонам света – запад.
- Система теплоснабжения – централизованное теплоснабжение от ТЭЦ с параметрами воды в тепловой сети  $T_{г}=120\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $T_{о}=70\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Система отопления – водяная с искусственной циркуляцией, двухтрубная, с параметрами воды  $t_{г}=90\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $t_{о}=70\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Давление, передаваемое в систему отопления из тепловой сети,  $P = 5,2\text{ кПа}$ .

В качестве отопительных приборов в жилых зданиях используем стальные панельные радиаторы с боковой подводкой, подобранные по каталогу «Лидея Компакт» для двухтрубной поквартирной системы водяного отопления (трубы проложены скрыто в конструкции пола в защитной трубе типа «пешель»). В данном проекте отопительный прибор располагаем без ниши под подоконником у наружной стены под окном [1, с.8].

В расчет принимаем две секции здания, расположенные зеркально относительно друг друга.



**Рисунок 1 – План секции многоквартирного здания с нанесением радиаторов**

Вывод: Согласно произведенным расчетам мы выяснили, что при использовании естественной вентиляции на покупку радиаторов у нас уйдет 2746 белорусских рублей, а с механической системой вентиляции с рекуперацией теплоты 1368 белорусских рублей. Следовательно, снижение затрат составило 1378 белорусских рублей. Таким образом, экономия в 5-этажном здании составит 6890 белорусских рублей; в 9-этажном здании – 12402 белорусских рубля; в 12-этажном здании – 16536 белорусских рублей.

#### **Список цитированных источников**

1. Методические указания для курсового проектирования по дисциплине «Отопление» на тему «Система водяного отопления жилого дома с поквартирной разводкой» / Составители: В.Г. Новосельцев, Д.В. Новосельцева. – Брест, 2016. – 27 с.

УДК 734.75.018

*Галанин П. И.*

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

## **СПОСОБЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ С НАЛИЧИЕМ ОТРАВЛЯЮЩИХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

В зависимости от физико-химических свойств ОХВ, условий их хранения и транспортировки при авариях на ХОО могут возникнуть ЧС с химической обстановкой четырех основных типов.

К первому типу относятся ЧС, которые возникают в случае мгновенной разгерметизации (взрыва) емкостей или технологического оборудования, содержащих легко испаряющиеся ОХВ (газообразные (под давлением), криогенные, перегретые сжиженные ОХВ). В этом случае практически мгновенно образуется первичное парогазовое или аэрозольное облако с высокой концентрацией ОХВ, распространяющееся по ветру на большие расстояния.

К ЧС с химической обстановкой второго типа относятся аварии с выбросами или проливами ОХВ средней летучести (сжиженные газы, аммиак, хлор и др.), перегретые летучие жидкости с температурой кипения ниже температуры окружающей среды (окись этилена, фосген, окислы азота, сернистый ангидрид, синильная кислота и др.). В этом случае часть ОХВ мгновенно испаряется, образуя первичное облако ОХВ; другая часть выливается в поддон или на подстилающую поверхность, и по мере испарения пролива образуя вторичное облако с поражающими концентрациями.

ЧС с химической обстановкой третьего типа возникают при проливе в поддон (обвалование) или на подстилающую поверхность значительного количества сжиженных (при изотермическом хранении) или жидких малолетучих ОХВ с температурой кипения ниже или близкой к температуре окружающей среды (фосген, четырехокись азота и др.). При этом образуется вторичное облако паров ОХВ с поражающими концентрациями.

К ЧС четвертого типа относятся аварийные выбросы или проливы значительного количества малолетучих, стойких и жидких ОХВ, с температурой кипения выше температуры окружающей среды или твердых. К ним относятся диметил-гидразин, фенол, сероуглерод, диоксин, соли синильной кислоты. При этом происходит заражение местности (грунта, растительности, воды) в опасных концентрациях.

В этих ситуациях основными поражающими факторами являются: ингаляционное воздействие на людей и животных высоких (смертельных) концентраций паров ОХВ и опасные последствия заражения людей и животных при длительном нахождении их на зараженной местности в результате воздействия ОХВ на организм.

Для снижения поражающего действия смертельных концентраций ОХВ и ликвидации последствий ЧС такого характера существуют специальные технологии локализации и ликвидации ЧС с наличием ОХВ.

Локализация и обеззараживание источников химического заражения имеет целью подавить или снизить до минимально возможного уровня воздействие поражающих факторов, представляющих угрозу жизни и здоровью людей, экологии, а также затрудняющих ведение спасательных и других неотложных работ в зоне химического заражения за пределами ХОО.



К локализации и обеззараживанию источников химического **заражения относятся следующие технологии:**

1. Технология локализации и обеззараживания парогазовой фазы (облака) ОХВ методом постановки жидкостных завес.
2. Технология локализации и обеззараживания парогазовой фазы (облака) ОХВ методом созданием восходящих тепловых потоков.
3. Технология локализации пролива ОХВ обвалованием.
4. Технология локализации пролива сбором жидкой фазы ОХВ в приемки (ямы-ловушки).
5. Технология локализации пролива методом откачки (сбора) разлившегося ОХВ в резервные емкости.
6. Технология локализации пролива ОХВ засыпкой твердыми сыпучими сорбентами.
7. Технология локализации пролива ОХВ покрытием слоем пены, полимерными пленками, плавающими экранами.
8. Технология локализации пролива ОХВ разбавлением его водой или нейтральными растворителями.
9. Организация обеззараживания проливов ОХВ.
10. Технология обеззараживания проливов ОХВ засыпкой твердыми сыпучими сорбентами с последующей нейтрализацией или выжиганием.
11. Технология локализации и обеззараживания пролива ОХВ загущением жидкой фазы.

Локализация облака постановкой жидкостной завесы применяется при авариях с выбросом водорастворимых ОХВ (аммиак и др.). Обеззараживание облака с помощью завес из нейтрализующих растворов производится с учетом вида ОХВ. Состав, основные свойства и нормы расхода обеззараживающих (нейтрализующих веществ) изложены в Приложении 5.

Локализация и обеззараживание облаков взрывобезопасных ОХВ газовоздушным тепловым потоком может осуществляться (при наличии времени и возможностей) путем создания на пути движения облака заградительного пожара с интенсивностью и продолжительностью действия, достаточными для локализации и обеззараживания облака данной концентрации и продолжительности образования.

Для создания интенсивного теплового потока применяются нефтепродукты и местные материалы (дрова, отходы производства и т. п.). Постановку заградительного пожара осуществляют работники МЧС. Работы выполняются с соблюдением требований пожарной безопасности и во взаимодействии с подразделениями службы пожаротушения.

Источники теплового потока (костры, ямы или траншеи с нефтепродуктами) размещаются на пути движения облака на расстоянии 20-25 м один от другого. Для обеспечения непрерывности действия теплового потока могут создаваться несколько рубежей горения, функционирующих одновременно или последовательно.

Локализация пролива ОХВ обвалованием применяется при ЧС с химической обстановкой второго, третьего и четвертого типов в случаях аварийного выброса (пролива) ОХВ на подстилающую поверхность или в поддон и его растекании по территории объекта или прилегающей местности. Цель обвалования – предотвратить растекание ОХВ, уменьшить площадь испарения, сократить параметры вторичного облака ОХВ.

Основные усилия при локализации пролива сосредоточиваются на направлении наиболее интенсивного растекания ОХВ, а также на направлении возможного попадания его в водоисточники.

Сбор жидкой фазы ОХВ в приямки (ямы-ловушки) производится при ЧС с химической обстановкой второго, третьего и четвертого типов с целью прекращения растекания пролива, уменьшения площади заражения и интенсивности испарения ОХВ.

Целью откачки (сбора) пролива ОХВ является предотвращение растекания ОХВ, уменьшение площади испарения, сокращение параметров вторичного облака ОХВ.

Локализация пролива ОХВ откачкой (сбором) применяется в случае:

- аварии с особо агрессивными ОХВ если нейтрализация на месте связана с большим риском из-за побочных продуктов реакции ОХВ с нейтрализатором;
- отсутствия возможности проведения работ по нейтрализации на месте аварии;
- необходимости предотвращения дальнейшего пролива ОХВ из поврежденной емкости.

Засыпка пролива ОХВ твердыми сыпучими сорбентами производится при ЧС с химической обстановкой второго, третьего и четвертого типов с целью уменьшения интенсивности испарения ОХВ. Для засыпки используются песок, пористый грунт, шлак, керамзит.

Покрытие пролива пеной, пленками и плавающими экранами применяется в основном при ЧС с химической обстановкой второго и третьего типов с выбросом (проливом) пожароопасных или агрессивных ОХВ в поддон или в обвалование с целью снижения интенсивности испарения ОХВ. Способ применяется при скорости ветра не более 5 м/с.

Разбавление пролива водой производится при ЧС с химической обстановкой второго, третьего и четвертого типов с выбросом водорастворимых ОХВ (жидкие аммиак, окись этилена, хлористый водород и др.). Проливы остальных ОХВ локализируются соответствующими нейтральными растворителями.

Способ применяется при проливе ОХВ в поддон или в обвалование с емкостью, исключающей свободный разлив разбавленного ОХВ в результате увеличения объема. При недостаточной вместимости поддона (обвалования) проводится дополнительное обвалование.

Обеззараживание (нейтрализация) проливов ОХВ нейтрализующими растворами и водой применяется при ЧС с химической обстановкой второго и третьего типов с проливом низкокипящих ОХВ.

Обеззараживание проливов ОХВ засыпкой твердыми сыпучими сорбентами с последующей нейтрализацией или выжиганием производится при ЧС с химической обстановкой второго, третьего и четвертого типов.

В качестве сорбентов используются песок, пористый грунт, шлаки, керамзит, цеолит.

Локализация и обеззараживание пролива ОХВ загущением жидкой фазы применяется при ЧС с химической обстановкой второго и третьего типов в случаях проливов ОХВ, имеющих температуру кипения ниже или близкую к температуре окружающего воздуха, в целях предотвращения вскипания ОХВ и снижения интенсивности газовой выделения (испарения).

В качестве загустителей применяются:

- для загущения азотсодержащих ОХВ (гидразин и его производные) – на 1 т приготавливаемого раствора – 465 л воды, 163 кг хлорида магния, 372 кг хлорида цинка;

- для загущения галогенуглеводородов, сероуглеводородов и аналогичных ОХВ – алкилосибораты лития или натрия.

В целях локализации парогазовой фазы ОХВ при ЧС с химической обстановкой второго и третьего типов одновременно с отрывом приямка, обвалованием пролива, с покрытием пролива, с засыпкой пролива сорбентом, с разбавлением пролива, с обеззараживанием пролива пролива осуществляется постановка жидкостной завесы.

При поражении раздражающими и прижигающими химическими веществами прежде всего необходимо прекратить их дальнейшее поступление в организм. Для этого следует поместить пострадавшего на свежий воздух или в хорошо проветриваемое помещение, обеспечив ему покой и согревание, как можно раньше провести ингаляцию кислородом.

Особого внимания требуют пораженные оксидами азота из-за возможного развития отека легких. Даже при удовлетворительном общем состоянии необходимо транспортировать пораженных в лежачем положении в стационар под наблюдения врача.

При поражении веществами общеядовитого действия, пораженного следует немедленно вынести в лежачем положении (даже если он может передвигаться сам) на свежий воздух. Если это сделать быстро нельзя, необходимо прекратить дальнейшее поступление окиси углерода в организм (надеть вспомогательный кислородный респиратор и т. п.), освободить пораженного от стесняющей дыхание одежды (расстегнуть воротник, пояс), придать телу удобное положение, не подвергать пораженного охлаждению. Необходимо согревание грелками либо горчичниками к ногам.

При поражении веществами цитотоксического действия пострадавших необходимо срочно вывести на свежий воздух, обеспечить им покой и тепло, переодеть в чистую одежду, глаза, кожные покровы необходимо промыть проточной водой в течение не менее 15 минут. Пораженному надо дать подышать увлажненным кислородом. При поражении кожи – нанести на нее жирный крем.

При поражении ОХВ раздражающего и слезоточивого действия необходимо вынести пораженных на свежий воздух, обеспечить их полный покой, тепло, строгое горизонтальное положение. Необходимо кожу и слизистые промыть большим количеством воды или 1%-ным раствором питьевой соды.

Помощь пораженным психотропными веществами может быть оказана только в учреждениях здравоохранения, так как необходим точный диагноз отравлений, чтобы применять необходимые лекарственные средства. Поэтому следует как можно быстрее вывести пострадавших из зоны заражения и доставить их в учреждения здравоохранения.

#### **Список цитированных источников**

1. Бабовоз, С.П. Гражданская оборона в Республике Беларусь: учебное пособие / С.П. Бабовоз. – Минск: Амалфея, 2000.
2. Атаманюк, В.Г. Гражданская оборона / В.Г. Атаманюк. – М.: Высшая школа, 1987.
3. Журавлев, В.П. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций / В.П. Журавлев, С.Л. Пушенко, А.М. Яковлев. – М.: АСВ, 1999.

## СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ

Назначение системы вентиляции в том, чтобы человек, находясь в помещении, чувствовал себя комфортно, технологический процесс протекал при требуемых параметрах воздуха без нарушения качества выпускаемой продукции. Для этого необходимо, чтобы распределение воздуха в помещении было равномерным, не было застойных зон, а также параметры воздуха в рабочей зоне помещения соответствовали нормативным значениям [1, с. 576].

Одна из основных задач, решаемая при проектировании и расчете систем вентиляции, – это подбор воздухораспределительных устройств, концевых элементов системы вентиляции и кондиционирования воздуха.

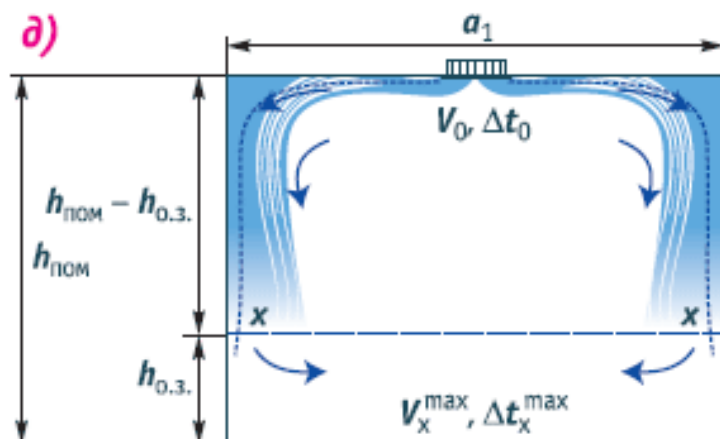
При выборе воздухораспределителей руководствуются обычно расходом приточного воздуха; параметрами воздуха, которые необходимо поддерживать в рабочей или обслуживаемой зоне помещения; количеством воздухораспределителей [2, с. 17].

Задача заключается в выборе подходящего для данных условий воздухораспределителя.

Для нашего случая воспользуемся схемой воздухораспределения и воздухораспределителями, предлагаемыми заводом «Арктос».

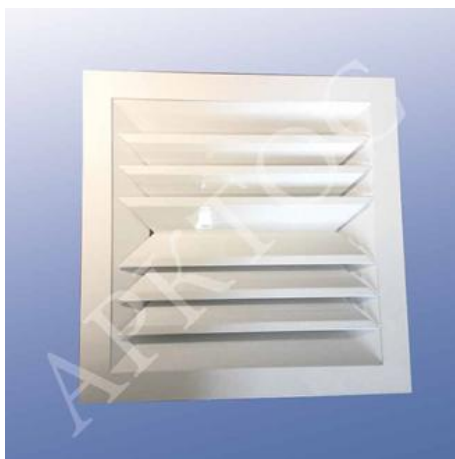
Необходимо для зала заседаний с размерами 15x14,5x3,5 м подобрать схему и вид воздухораспределителя при воздухообмене 4400 м<sup>3</sup>/ч с целью выбрать такой вариант, при котором параметры воздуха в рабочей зоне помещения соответствуют нормативным значениям.

Для выбора наиболее подходящего воздухораспределителя был произведен их расчет. Основная схема подачи воздуха в помещение сверху вниз застилающимися на потолок веерными струями показана на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Схема подачи воздуха в помещение сверху вниз застилающимися на потолок веерными струями**

Один из простейших видов воздухораспределителя – вентиляционная решетка 2АПН, представленная на рисунке 2, предназначена для подачи и удаления воздуха в жилых, административных, общественных и производственных помещениях. 2АПН состоят из прямоугольного корпуса, в который при помощи пружин устанавливается блок из направляющих пластин.

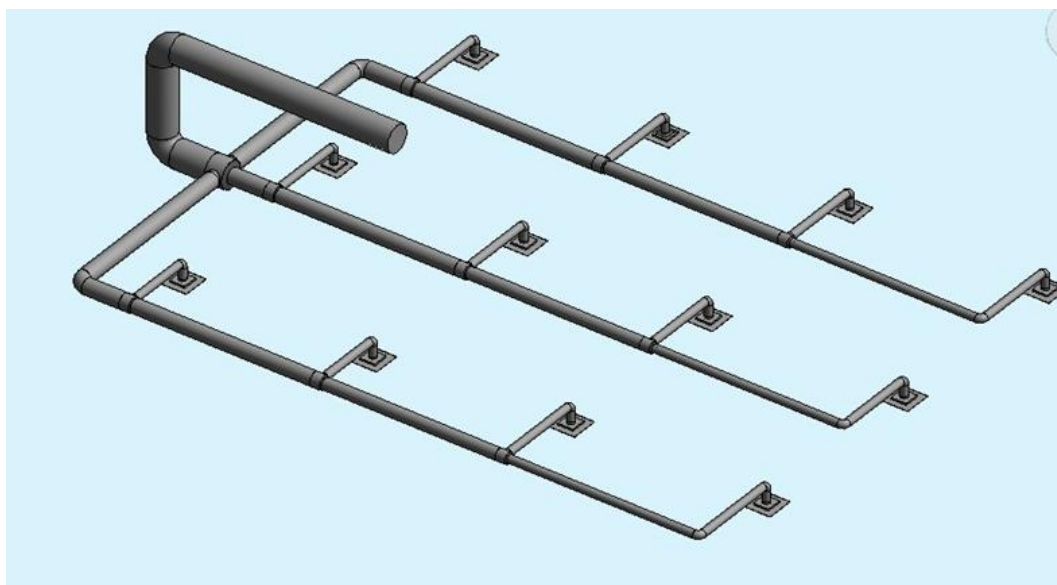


**Рисунок 2 – Вентиляционная решетка 2АПН**

Достоинства вентиляционной решетки 2АПН:

- легкость конструкций, что является важным аргументом при их монтаже;
- при необходимости регулирования объема воздуха, пропускаемого решеткой, на нее устанавливается клапан расхода воздуха.

С целью обеспечения расчётного воздухообмена в рабочем помещении с поддержанием принятых расчётных параметров была запроектирована система вентиляции с использованием вентиляционных решеток 2АПН, которая представлена на рисунке 3.



**Рисунок 3 – 3D-план системы вентиляции с использованием вентиляционных решеток 2АПН**

Второй вид - 2ВГК «Генератор комфорта» (рисунок 4), предназначен для подачи воздуха системами вентиляции и кондиционирования в небольших помещениях различного назначения (офисы, магазины, купе поезда, каюты кораблей и т. п.). Конструктивно 2ВГК состоит из алюминиевой жалюзийной решетки и корпуса в виде прямоугольного отвода с поворотом на 90°, выполненного из оцинкованной стали, внутри которого установлены рассекающий и отражающий экран. Жалюзи решётки жестко закреплены под определенным углом с целью формирования устойчивого настилающегося на потолок двухстороннего потока.

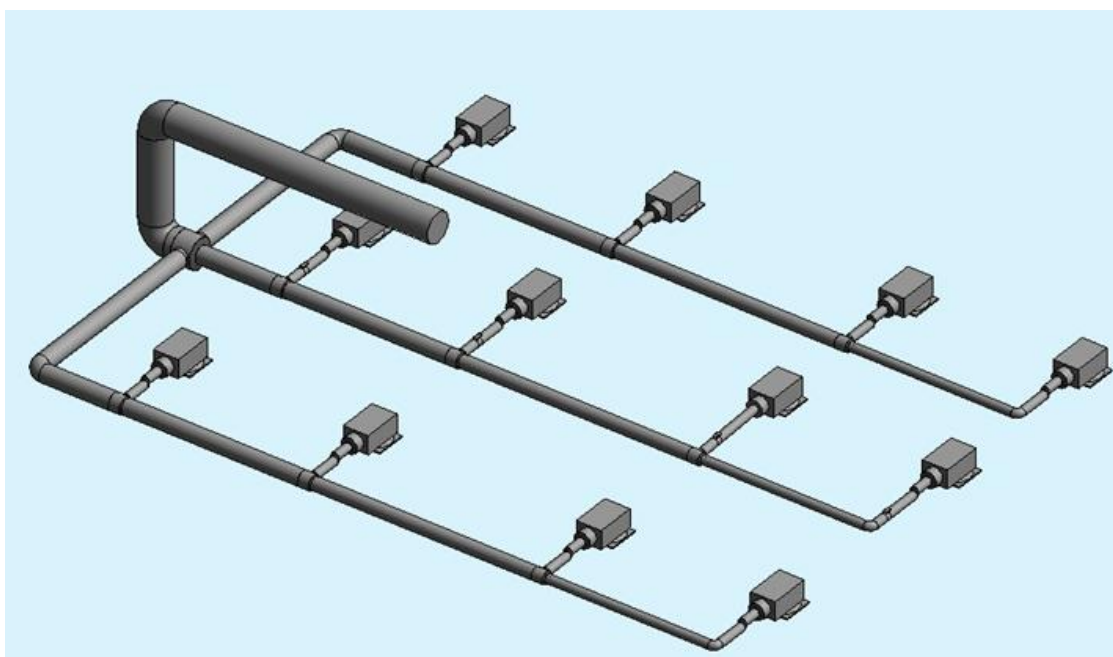


**Рисунок 4 – 2ВГК «Генератор комфорта»**

Достоинства воздухораспределителя «Генератор комфорта» 2ВГК:

- создание пульсирующего воздушного потока без движущихся деталей в изделиях;
- повышение интенсивности затухания скорости и избыточной температуры воздуха;
- заглушение низкочастотного шума, поступающего из вентиляционной сети.

С целью обеспечения расчётного воздухообмена в рабочем помещении с поддержанием принятых расчётных параметров была запроектирована система вентиляции с использованием вентиляционных решеток 2ВГК «Генератор комфорта», которая представлена на рисунке 5.



**Рисунок 5 – 3D-план системы вентиляции с использованием вентиляционных решеток 2ВГК «Генератор комфорта»**

Для выбора наиболее подходящего воздухораспределителя был произведен их расчет в программе «Арктос». Результаты расчетов по обоим воздухораспределителям сопоставлялись с нормируемыми значениями и оба воздухораспределителя сравнивались между собой. Результаты расчетов приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Сравнение скоростей и избыточных температур воздуха в рабочей (обслуживаемой) зоне с нормируемыми значениями**

Критерии сравнения	Нормируемые значения	2АПН	2ВГК
максимальная скорость движения воздуха, м/с	Не более 0,3	0,62	0,17
максимальная избыточная температура воздуха, °С	Не более 1	2,1	0,32

*Вывод:* При сопоставлении результатов расчетов по обоим воздухораспределителям с нормируемыми значениями выяснили, что в установке 2ВГК «Генератор комфорта» все значения в пределах нормы, а при установке вентиляционной решетки 2АПН скорость движения воздуха в теплый период года превышает нормируемое значение, а избыточная температура превышает нормируемое значение в 2 раза.

На основе анализа скоростей и избыточных температур можно сделать вывод о том, что в данных условиях может быть использован 2ВГК «Генератор комфорта».

#### **Список цитированных источников**

1. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. проф. Б.М.Хрусталёва – М.:Изд-во АСВ, 2005. – 576 с.

2. Сальникова, С.Р. Необходимость технически грамотного проектировании систем вентиляции в снижении энергопотребления// Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: материалы научного семинара; Брест, 21 марта 2018 г. – Брест : РУПЭ «БРЕСТЭНЕРГО», 2018. – С. 17-21.

УДК [691.535:693.554]:666.193.2

**Зинович Я. С.**

*Научный руководитель: к.т.н., заведующий кафедрой ТГВ Новосельцев В. Г.*

### **РАСЧЕТ ЗАТРАТ ПРИ РАЗНЫХ ТАРИФАХ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОТОПЛЕНИЕ НА ПРИМЕРЕ МНОГОКВАРТИРНОГО ЖИЛОГО ДОМА**

Применение электрических радиаторов отопления позволяет обойтись без трубной разводки и нагревательного котла, а также расширительных баков, насосов, запорной арматуры, как в системе водяного отопления, тем самым снизить финансовые затраты. Как и все электрические приборы, электрорадиаторы обладают 98-100% коэффициентом полезного действия. Используемая электроэнергия перерабатывается в тепловую с минимальными потерями, связанными с теплоносителем. Электрические радиаторы не требуют сложной установки. Обычно их устанавливают под окном. Для этого под подоконником устанавливают два кронштейна, на которые навешивают прибор. Самое важное, чтобы рядом располагалась розетка.

В отличие от радиаторов водяного отопления, в которых теплоноситель циркулирует постоянно и которые требуют постоянного поддержания заданной температуры, электрические радиаторы имеют специальную панель управления, где можно настраивать желаемые значения микроклимата, режимы, графики работы и другое.





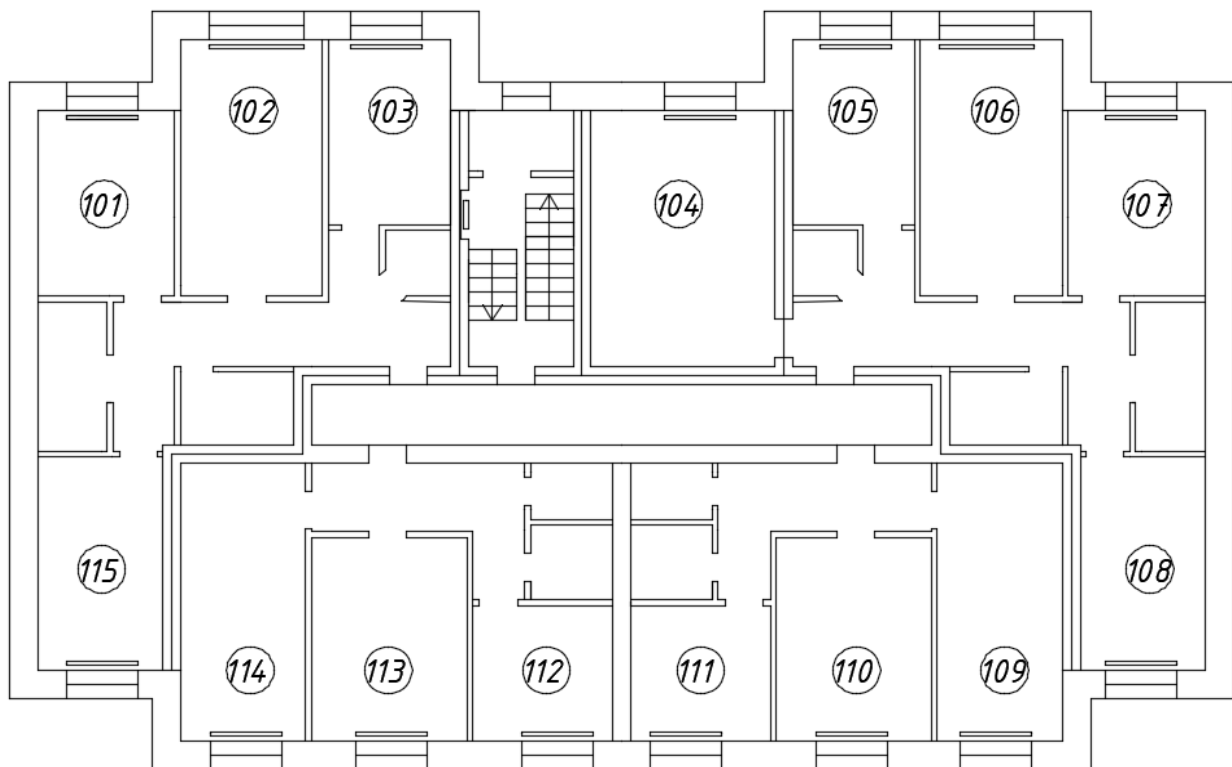
**Рисунок 1 – Электрический радиатор отопления**

Расчёт денежных затрат на отопление за один отопительный сезон произведём по двум тарифам.

Первый тариф на электрическую энергию для нужд отопления и горячего водоснабжения в жилых домах (квартирах), не оборудованных в установленном порядке системами централизованного тепло- и газоснабжения и оборудованных в установленном порядке электрическими плитами, при наличии отдельного (дополнительного) прибора индивидуального учёта расхода электрической энергии для нужд отопления и горячего водоснабжения – 0,0335 руб./кВт·ч.

Второй тариф на электрическую энергию в жилых домах (квартирах), где нет электрических плит и водонагревательных приборов, составляет – 0,1746 руб./кВт·ч.

Сроки отопительного периода примем по Брестской области со 2 октября по 12 апреля (192 суток) за 2018-2019 год.



**Рисунок 2 – План первого этажа многоэтажного жилого дома с нанесением электрических отопительных приборов**



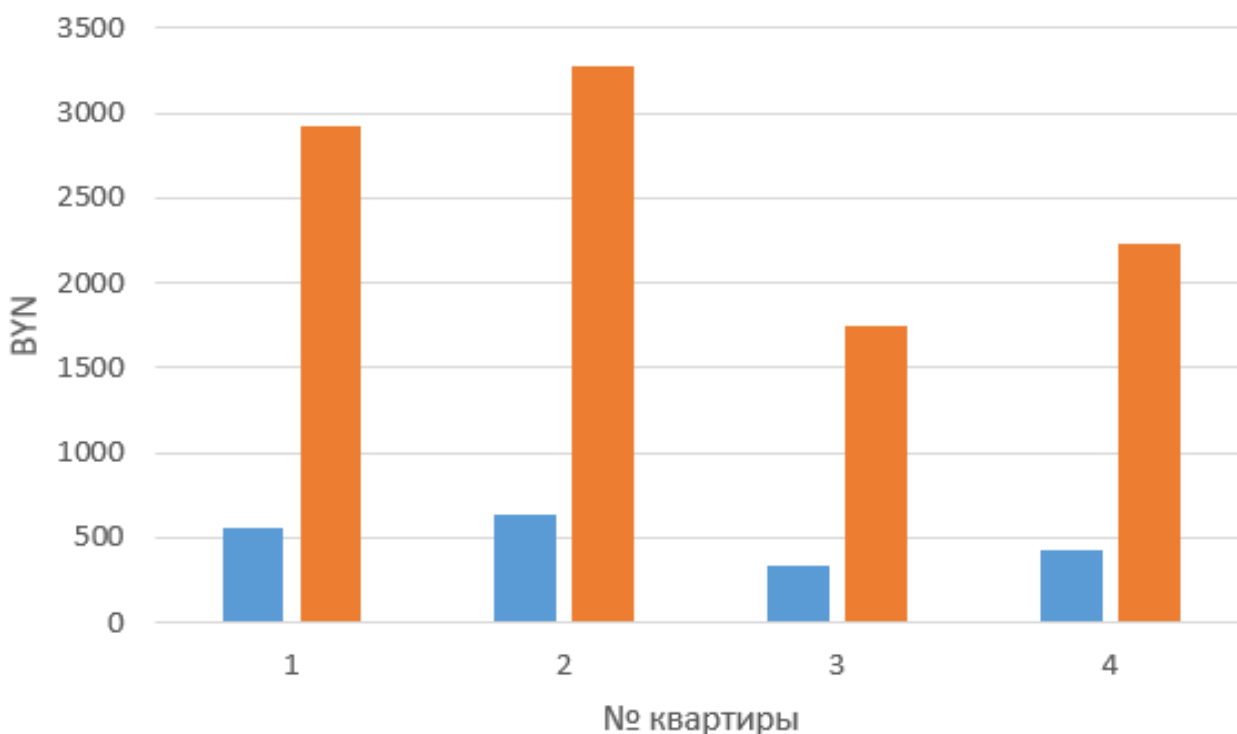
**Таблица 1 – Расчёт оплаты за отопление по первому тарифу**

№ кв.	№ помещения	Общие потери теплоты помещения, кВт.	Потребление электроэнергии за отопительный сезон, кВт.	Стоимость потреблённой электроэнергии за отопительный период по первому тарифу, BYN	Общая стоимость потреблённой энергии каждой квартиры, BYN
1	2	3	4	5	6
1	101	0,907	4181	140	560
	102	1,065	4905	164	
	103	0,716	3297	110	
	115	0,947	4363	146	
2	104	0,616	2838	95	630
	105	0,907	4181	140	
	106	0,806	3712	124	
	107	0,722	3327	111	
3	109	0,910	4195	141	335
	110	0,627	2888	97	
	111	0,627	2888	97	
4	112	0,911	4196	141	429
	113	1,035	4769	160	
	114	0,829	3819	128	

**Таблица 2 – Расчёт оплаты за отопление по второму тарифу**

№ кв.	№ помещения	Общие потери теплоты помещения, кВт.	Потребление электроэнергии за отопительный сезон, кВт.	Стоимость потреблённой электроэнергии за отопительный период по второму тарифу, BYN	Общая стоимость потреблённой энергии каждой квартиры, BYN
1	2	3	4	5	6
1	101	0,907	4181	730	2924
	102	1,065	4905	856	
	103	0,716	3297	576	
	115	0,947	4363	762	
2	104	0,616	2838	495	3279
	105	0,907	4181	730	
	106	0,806	3712	648	
	107	0,722	3327	571	
3	109	0,910	4195	732	1740
	110	0,627	2888	504	
	111	0,627	2888	504	
4	112	0,911	4196	733	2233
	113	1,035	4769	833	
	114	0,829	3819	667	

По полученным данным построим гистограмму, показывающую разницу оплаты за отопительный сезон по двум тарифам.



**Рисунок 3 – Гистограмма, показывающая разницу оплаты за отопление между двумя тарифами**

**Вывод.** В ходе работы рассчитали затраты на отопление за 1 отопительный сезон многоквартирного дома по обычному и субсидированному тарифам. Делаем вывод, что для проектирования новых домов с электроотоплением такой тариф обязательно необходим, иначе затраты населения на отопления будут слишком велики.

#### **Список цитированных источников**

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://x-teplo.ru/otoplenie/batarei-radiatory/-elektroradiator.html>
2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СНБ 4.02.01-03.
3. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. проф. Б.М. Хрусталёва – М.: Изд-во АСВ, 2005. – 576 с., 129 ил.

УДК 628.84

**Игнатюк Е. В.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Янчилин П. Ф.**

### **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ КОНФЕРЕНЦ-ЗАЛА ВЫТЕСНЯЮЩЕЙ СХЕМОЙ ВОЗДУХООБМЕНА**

Обустройство систем кондиционирования воздуха в современных зданиях различного назначения является эффективным средством поддержания оптимальных параметров микроклимата помещений. К ключевым параметрам микроклимата относятся:

- температура воздуха внутри рабочего помещения;
- влажность воздуха внутри рабочего помещения;
- подвижность (скорость движения) воздуха внутри рабочего помещения.

Посредством подачи приточного воздуха с особым соотношением его параметров производится корректировка параметров воздушной среды рабочего помещения до необходимых значений. При этом важно располагать сведениями о предполагаемом месте постройки, географическими данными о населённом пункте, нормируемыми параметрами наружного воздуха для тёплого и холодного периодов года [1].

Согласно расчёту, в конференц-зале был принят следующий воздухообмен:  $L=32295,4 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

С целью обеспечения расчётного воздухообмена в рабочем помещении с поддержанием принятых расчётных параметров была запроектирована система кондиционирования (рисунок 1), в состав которой входит:

- приточно-вытяжная установка;
- система воздухопроводов;
- диффузоры;

Схема воздухообмена вытеснением является наиболее эффективным методом воздухообмена на промышленных объектах. Помимо промышленных объектов данный тип весьма популярен в устройстве так называемых систем комфортной вентиляции. При правильно рассчитанной схеме данный метод воздухообмена позволяет достигать наиболее высоких показателей качества воздуха.

Данный вид воздухообмена работает по следующему принципу: воздух подается на нижний уровень и течет в рабочую зону с минимальной скоростью. Под рабочей зоной подразумевают часть комнаты или помещения, занимаемую или используемую людьми. Как правило, рабочей зоной считают пространство, отстоящее на 50 см от стен и оконных проемов и от 10 до 180 см над полом.

Для работы принципа вытеснения приточный воздух, подаваемый в рабочую зону, должен иметь немного меньшую температуру, чем воздух помещения. Для комфортных систем температура подаваемого воздуха должна быть на  $1-3^\circ\text{C}$  ниже комнатной температуры, а для промышленных зданий или специальных систем на  $1-5^\circ\text{C}$ . Если же температура приточного воздуха будет слишком низкой относительно температуры основного воздуха помещения, то возникает риск возникновения конвекционных потоков.

Вентиляция вытеснением имеет ряд преимуществ и недостатков.

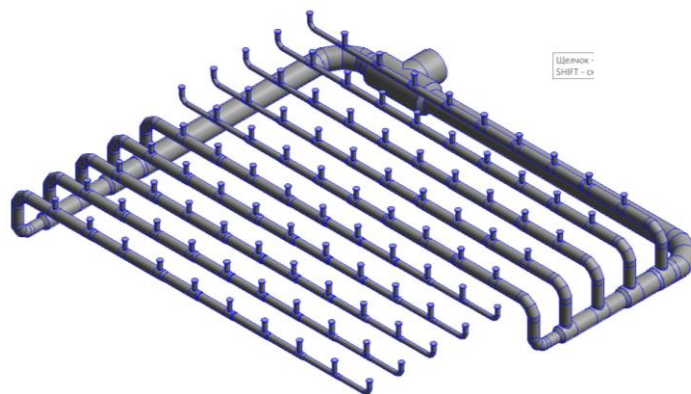
Преимущества:

- удобна в эксплуатации в промышленных зданиях и объектах, при значительных выделениях вредных примесей и тепловой энергии;
- имеет высокий коэффициент полезного действия и обеспечивает высокое качество воздуха.

Недостатки:

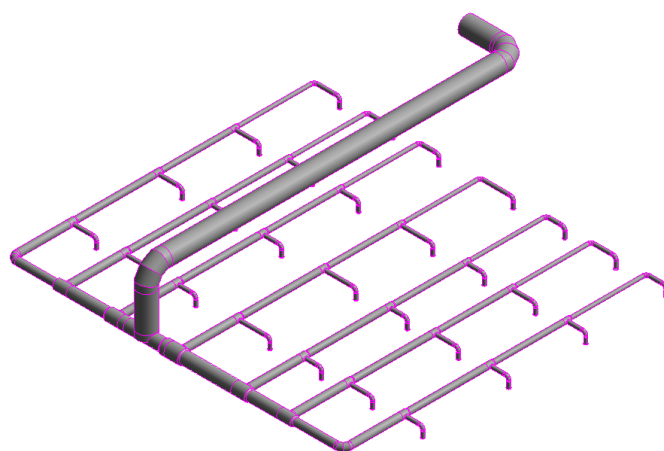
- приточные диффузоры такой вентиляционной системы требуют более широких площадей для размещения;
- приточные диффузоры могут быть случайно загромождены, и эффективность значительно снизится;
- прилегающая зона значительно расширяется;
- вертикальный температурный градиент вырастает.

Схема приточной системы представлена на рисунке 1.



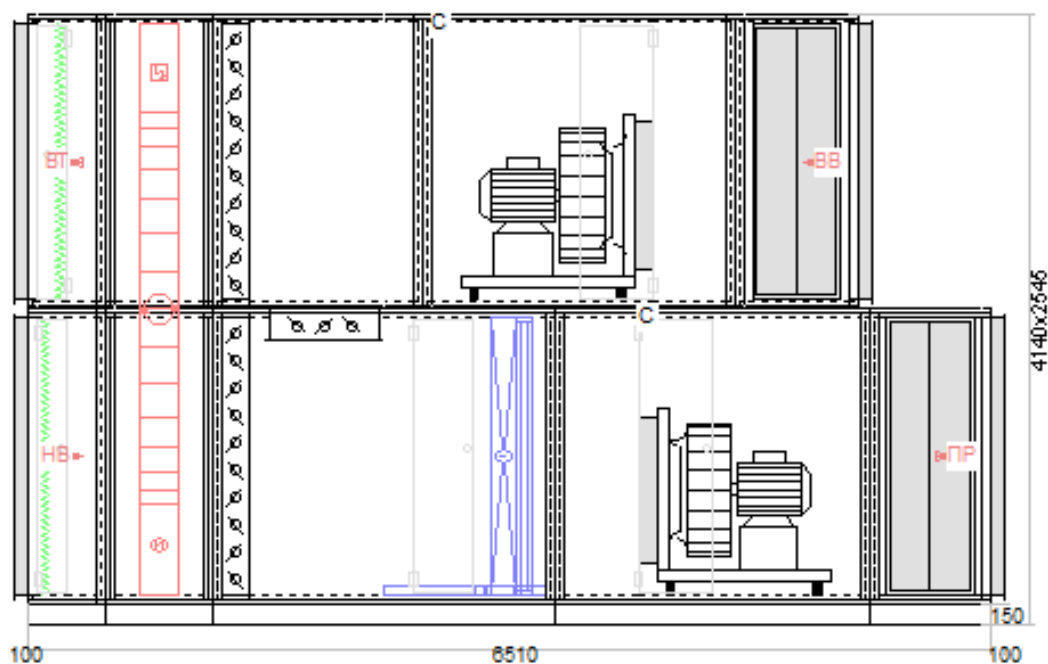
**Рисунок 1 – Схема приточной системы**

Схема вытяжной системы представлена на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Схема вытяжной системы**

По заданным условиям была принята приточная установка PR 360 (рисунок 3). Расчётная стоимость установки составляет 180 272 Br.



**Рисунок 3 – Приточная установка PR 360**

Расчёт стоимости воздуховодов сведён в таблицы 3, 4.

**Таблица 3 – Расчет стоимости воздуховодов для расчётного помещения (Приточная система)**

помещение	размер сечения, мм	Длина участка, м	Материал	Площадь	Толщина стали, см	Стоимость, Вг
Конференц-зал	1600,0	11,0	Оцинкованная сталь	55,3	1,0	1249,0
	1180,0	0,4		1,5	1,0	33,5
	1000,0	8,4		8,2	1,0	184,5
	850,0	6,2		16,5	0,7	324,3
	600,0	17,2		32,4	0,7	635,1
	530,0	57,6		74,6	0,5	1428,3
	450,0	42,6		47,5	0,5	856,4
	375,0	42,6		39,6	0,5	724,8
	265,0	101,2		65,5	0,5	1230,1
Сумма						6666,00

**Таблица 4 – Расчёт стоимости воздуховодов для расчётного помещения (вытяжная система)**

помещение	Размер сечения, мм	Длина участка, м	Материал	Площадь	Толщина стали, см	Стоимость, Вг
Конференц-зал	1600,0	11,0	Оцинкованная сталь	55,3	1,0	1249,0
	1180,0	0,4		1,5	1,0	33,5
	1000,0	2,6		8,2	1,0	184,5
	850,0	6,2		16,5	0,7	324,3
	600,0	17,2		32,4	0,7	635,1
	530,0	44,8		74,6	0,5	1192,9
	450,0	33,6		47,5	0,5	759,6
	375,0	33,6		39,6	0,5	633,0
	265,0	78,7		65,5	0,5	1047,8
					Сумма	6059,8

Общие расходы на систему воздуховодов расчётного помещения составляют (без учёта транспортировки и монтажа):  $N_{\text{общ}}=12725,8$  Вг.

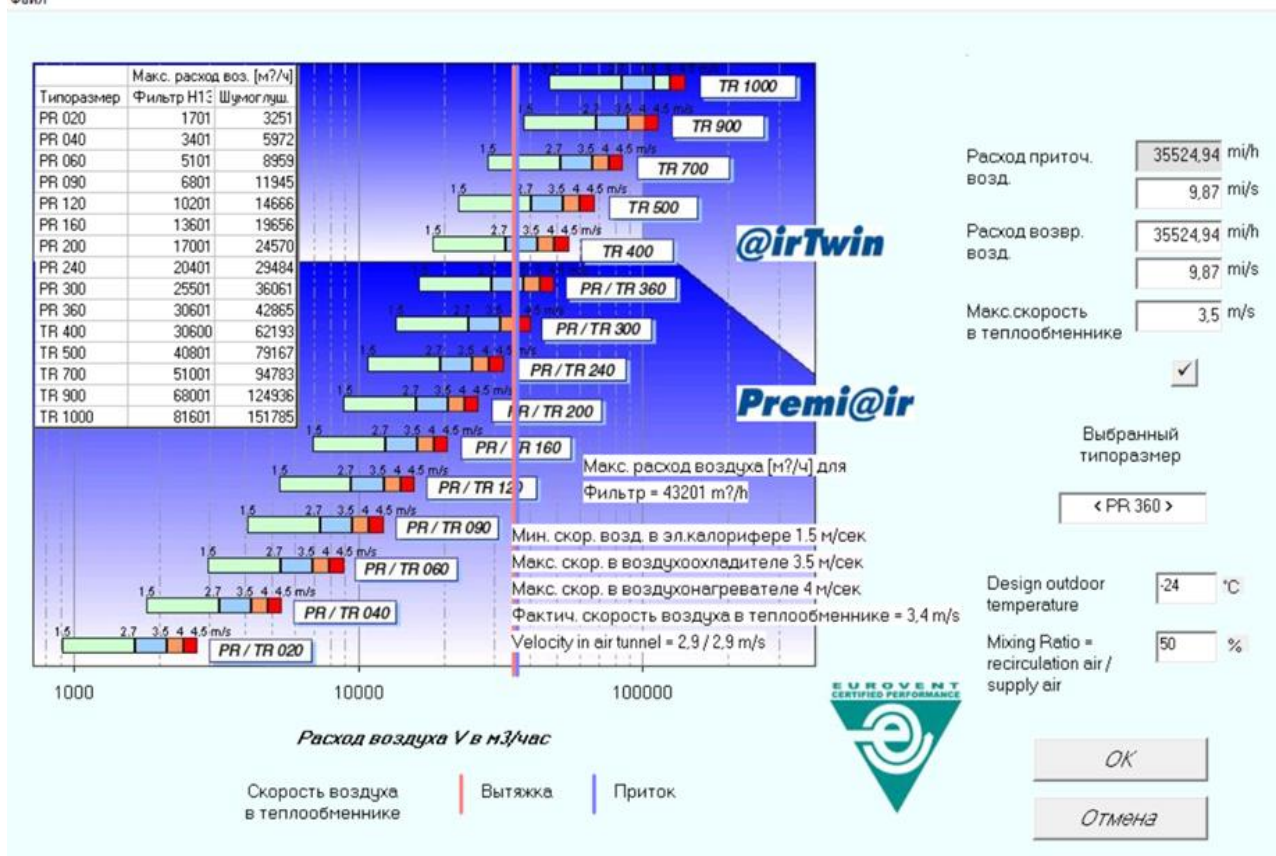
Расчёт стоимость приточных и вытяжных воздухораспределителей сведён в Талицу 5.

**Таблица 5 – Расчёт стоимости воздухораспределителей**

Помещение	Вид воздухораспределителей	Название модели	Количество	Стоимость, Вг
Конференц-зал	Приточные	DPGa-125-1V	80	880
	Вытяжные	ДПУ-М-250Д	35	385
Итого				1265

Кондиционер выбирается по его полной производительности и комплектуется из отдельных секций. В данном курсовом проекте подбираем центральный кондиционер, используя компьютерную программу WinClim II (ver. 2,2,1).

Центральный кондиционер подбирается по расходу приточного воздуха и расходу возвращенного воздуха.



**Рисунок 4 – Подбор приточно-вытяжной установки**

В результате, общая стоимость системы кондиционирования воздуха конференц-зала составила 194263 Br (без учёта транспортировочных, монтажных и наладочных работ).

Помимо себестоимости, затраты системы включают расход теплоносителя в теплообменнике, электроэнергию, а также дополнительные расходы на монтаж вертикальных вентиляционных каналов. При этом существует полезная утилизация теплоты, что в значительной степени уменьшает сроки окупаемости объекта проектирования.

#### Список цитированных источников

1. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: методические указания для выполнения курсового проекта по дисциплине / Составители: С.Р. Сальникова, П.Ф. Янчилин. – Брест, 2015. – 53 с.
2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СНБ 4.02.01–03. – Минск, 2004.
3. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях: ГОСТ 30494-96. – 1999. – 7 с.
4. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: учеб. пособие / П.И. Дячек. – М.: Издательство АСВ, 2017. – 676 с.
5. Методические указания к курсовому проектированию по курсу лекций «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» / Составители: П.Т. Крамаренко, С.С. Козлов, И.П. Грималовская. – Нижний Новгород, 2009. – 50 с.

УДК 502.51

*Климец Е. С., Видыш Т. Д.*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Кириченко Л. А.*

## **ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КАРЬЕРНОГО ВОДОЕМА «КОСИЧИ» КАК АНТРОПОГЕННОГО ВОДНОГО ОБЪЕКТА**

В настоящее время в связи с изменяющимся экологическим состоянием актуально проведение экологического мониторинга водоемов, используемых в рекреационных целях.

Часто в рекреационную зону включают карьерные водоемы и водохранилища [1]. Эти водоемы природно-антропогенного происхождения, обычно с неустойчивой экосистемой. Согласно Водному Кодексу РБ 2014 г. установление экологического состояния прудов, водохранилищ, обводненных карьеров является одной из важнейших задач [2].

В ходе антропогенного влияния водоемы загрязняются. В водоемы, используемые для сброса сточных вод промышленных, сельскохозяйственных и коммунальных предприятий, поступает большое количество различных ядовитых веществ, губительных для их обитателей. Происходит усиленное накопление органики, основным источником которой служат стоки животноводческих ферм, а также хозяйственно-бытовые сбросы из населенных пунктов.

Помимо загрязнения водоемов, наблюдается процесс их «антропогенного эвтрофирования», то есть резкого увеличения первичной продуктивности за счет избыточного поступления фосфора и азота при смыве с удобряемых полей, воздушном и подземном переносе. Эти элементы, являясь биогенными, то есть необходимыми для жизнедеятельности, усваиваются одноклеточными водорослями и высшими водными растениями. Дополнительное количество биогенов в воде обуславливает их усиленное развитие, следствием чего является «цветение воды», зарастание, заиление водоемов. Ухудшается газовый режим, снижается видовое разнообразие организмов, создаются неблагоприятные условия для нагула и воспроизводства ценных видов рыб. В результате всех этих отрицательных явлений, связанных с хозяйственной деятельностью человека, возникли проблемы качества воды и потери рыбохозяйственной ценности водоемов. О происходящих в водоемах изменениях можно судить, лишь наблюдая за ними, исследуя их [4, стр. 3-4].

Стоит отметить, что в большинстве своем искусственные водоемы никем не изучались, поэтому они представляют собой наилучший объект для экологических исследований. Следовательно, определение экологического состояния карьерного водоема «Косичи» сегодня весьма актуально.

Объектом исследования являлся водоем «Косичи», образованный в результате разработки песчаного карьера. Данный водоем образовался относительно недавно (90-е года прошлого столетия), с еще формирующейся экосистемой. Он используется в рекреационных целях (как активных, так и пассивных).

Цель работы: изучение гидроэкологического состояния карьерного водоема «Косичи» как антропогенного водного объекта.

В процессе работы проводились гидрохимические и гидроморфологические исследования воды обводненного карьера «Косичи».



Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- а) исследовать физико-химические показатели качества воды обводненного карьера «Косичи»;
- б) провести исследования гидроморфологических характеристик карьера;
- в) дать оценку уровня экологического состояния карьерного водоема и возможности его использования в хозяйственной деятельности.

Оценка гидроморфологического состояния обводненного карьера проводилась методами ГИС-картирования и полевыми исследованиями. Проводилось исследование водосбора водоема и его основных морфометрических характеристик: максимальная длина ( $L$ ), максимальная ширина ( $B$ ), площадь водного зеркала ( $A$ ), длина береговой линии ( $L_1$ ). На основе этих данных рассчитывались показатель удлиненности береговой линии  $L^*$  ( $L^* = \frac{L}{B}$ ) и степень развития береговой линии  $S$  ( $S = \frac{L}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{A}{\pi}}}$ ) [5].

В ходе гидроморфологического исследования карьера «Косичи» были получены следующие результаты:

*Общие сведения о водоеме:* карьерный водоем «Косичи» расположен в Брестском районе Брестской области между д. Большие Косичи, садовым товариществом и сельскохозяйственными полями в непосредственной близости от автодороги Н-429.

*Морфометрические параметры карьера «Косичи»:* максимальная длина 531 м, максимальная ширина 240 м, площадь водного зеркала 0,111 км<sup>2</sup>, длина береговой линии 1,42 км, показатель удлиненности 2,21, степень развития береговой линии 1,22.

*Характеристика водосбора водоема:* Карьер бессточный, овально-удлиненной формы, склоны котловины невысокие, песчаные, берега пологие, в некоторых местах заросшие прибрежной растительностью, дно песчаное. Водонаполнение происходит за счет грунтовых и ливневых сточных вод с автодороги, сельскохозяйственных полей, садовых товариществ, базы отдыха. Используется как место для отдыха и рыбалки, на его берегу располагается база отдыха "PROWEEKEND".

Отбор проб проводился стандартными методами с приповерхностной части водоема с глубины 0,3-0,5 м. Пробы анализировались в течение суток с момента отбора. Анализ воды по гидрохимическим показателям проводился в соответствии с методиками государственного реестра химического анализа поверхностных вод [6].

Оценку уровня эколого-гидрохимического состояния карьерного водоема проводилась согласно Сан ПиН 2.1.2.12-33-2005, ГН 2.1.5.10-21-2003 и ТКП 17.06-17-2018 [7-9]. Для определения качества воды в карьере «Косичи» по гидрохимическим показателям применялся индекс загрязнения воды (ИЗВ).

При исследовании гидрохимических показателей качества воды в зимний период 2020 г. большинство показателей соответствует нормативам, кроме содержания железа общего, этот показатель близок к ПДК (Таблица 1). Незначительное колебание ионного состава свидетельствует о формировании состава воды в водоеме.



**Таблица 1 – Показатели гидрохимического состояния воды карьера «Косичи» в зимний период 2020 г.**

Показатели	Норматив, ПДК	Карьерный водоем	
		Февраль	Начало марта
pH	6,5 – 8,5	8,02	7,74
Жесткость мг-экв/дм <sup>3</sup>	-	4,43	4,35
ХПК, мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	15	8,88	17,96
Растворенный кислород, мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	Не менее 4	5,83	2,86
БПК <sub>5</sub> , мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1,0-3,0	-	0,36
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	-	126	117,8
Ca <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	180	27,35	48,1
Mg <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	40	37,2	23,7
Cl <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	300	47,93	36,39
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	500	42,24	90,24
Fe <sub>общ</sub> *, мг/дм <sup>3</sup>	0,3*	0,302	0,32
АПАВ, мг/дм <sup>3</sup>	0,5	< 0,05	< 0,05

\* для питьевых вод

Проба на пенообразование положительна.

**Таблица 2 – Показатели гидрохимического состояния воды карьера «Косичи» в весенний период 2020 г.**

Показатели	Норматив, ПДК	Карьерный водоем	
		март (23.03)	апрель (20.04)
pH	6,5 – 8,5	8,12	7,89
Жесткость, мг-экв/дм <sup>3</sup>	-	6,10	5,65
ХПК, мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	15	11,41	20,80
Растворенный кислород, мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	Не менее 4	10,81	17,58
БПК <sub>5</sub> , мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1,0-3,0	-	11,71
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	-	264,37	103,7
Ca <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	180	64,13	86,17
Mg <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	40	35,25	16,41
Cl <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	300	37,27	37,28
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	500	49,92	61,20
Fe <sub>общ</sub> *, мг/дм <sup>3</sup>	0,3*	0,03	0,03
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,01
АПАВ, мг/дм <sup>3</sup>	0,5	-	0,117

\* для питьевых вод

Превышение таких показателей качества воды в карьере как ХПК, БПК<sub>5</sub> и растворенный кислород в апреле 2020 г., может быть связано с ливневыми водами с автодорог и сельхозугодий (внесение органических удобрений при посеве). Колебание ионного состава свидетельствует о процессе формирования состава воды в водоеме.

Наличие в воде СПАВ свидетельствует об антропогенном воздействии на водоем.

Для определения экологического состояния воды урбанизированных водоемов определялся индекс загрязнения воды (ИЗВ) по следующим гидрохимическим показателям: pH, БПК<sub>5</sub>, ХПК, фосфаты, хлориды и сульфаты.

Результаты анализа степени загрязнения водоема показаны в таблице 3.

**Таблица 3 – ИЗВ карьера «Косичи» за исследуемый период 2020 г.**

Период исследования	Значение ИЗВ	Степень загрязнения воды	Класс качества воды
Февраль 2020	0,44	чистая вода	II
Начало марта 2020	0,34	чистая вода	II
Март 2020	0,43	чистая вода	II
Апрель 2020	1,08	умеренно загрязненная вода	III

Таким образом, в зимний период 2020 г вода в водоеме по гидрохимическим показателям чистая, а начиная с апреля 2020 г., водоем загрязняется легкоокисляющимися примесями ливневых сточных вод с сельхозугодий.

Согласно нормативам качества воды по Сан ПиН 10 – 124 РБ 99 вода карьерного водоема «Косичи» не соответствует питьевой по следующим показателям: ХПК, БПК<sub>5</sub>, железо общее. В результате термической обработки показатели окисляемости воды, концентрации железа снизились до нормативных. Таким образом, вода обводненного карьера может быть использована в питьевых целях после термической обработки.

Таким образом, карьерный водоем «Косичи» является рекреационным водоемом антропогенного происхождения. Водонаполнение происходит за счет грунтовых и ливневых вод.

При исследовании гидрохимических показателей качества воды наблюдается колебание содержания ионов. Это свидетельствует о неустойчивом ионном составе воды в водоеме и о протекающем процессе формирования состава воды карьера. Наличие в воде СПАВ свидетельствует об антропогенном воздействии на водоем.

Исходя из нормативных значений и ИЗВ, водоем загрязняется легко окисляемыми веществами в сезон посевной (апрель 2020 г.). Вода карьера «Косичи» может быть использована для орошения сельскохозяйственных угодий.

Таким образом, карьер «Косичи» экологически малоустойчив, его эксплуатация в рекреационных целях должна быть строго регламентирована по уровню активного и пассивного рекреационного использования.

#### **Список цитированных источников**

1. Кириченко, Л.А. Оценка экологического состояния водоемов рекреационной зоны г. Бреста [Текст] / Л.А. Кириченко // Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч. экол. конф. / сост. Л.С. Новопольцева; под ред. И.С. Белюченко. – Краснодар : КубГАУ, 2020 – С. 379 – 382.

2. Водный кодекс Республики Беларусь: Закон Респ. Беларусь, 30 апреля 2014 г. N 149-3 [Текст] // Эталон-Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. Центр правовой информ. Респ. Беларусь.

3. Изучаем водоемы: как исследовать озера и пруды [Текст] / Г.А. Воробьев, Л.А. Коробейникова, Т.С. Пихтова, Т.А. Сулова, А.А. Шабунов. – Вологда: ВГПИ, издательство «Русь», 1994. – 148 с.

4. Малоземова, О.В. Морфометрическая характеристика озер в различных ландшафтах востока Ленинградской области [Текст] / О.В. Малоземова // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. Сер. «Естествознание». – СПб: РГПУ им.А.И Герцена, 2012. – № 114. – С. 112 – 121.

5. Реестр ТНПА и МВИ в области охраны окружающей среды (по состоянию на 20.02.2020) [Текст] // Методическая база проведения измерений [Электронный ресурс] / Гос. Учр. «Республиканский центр аналитического контроля в области охраны окружающей среды».

6. Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения: СанПиН 2.1.2.12-33-2005 [Текст] . – Введ. 2006–01–02. – Минск : Сборник нормативных документов "Коммунальная гигиена". Выпуск 1 ; Минск, 2008. – 264 с.

7. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: ГН 2.1.5.10-21-2003 [Текст]. – Введ. 2005–01–04. – Минск : РЦГЭ, 2005. – 60 с.

8. Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Комплексная оценка экологического риска и расчет нормьдопустимых рекреационных нагрузок на водоемы в зонах отдыха Беларуси: ТКП 17.06-17-2018 (33140). – Минск : Минприроды РБ, 2019. – 26 с.

УДК 628.84

**Ковальчук А. В.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Янчилин П. Ф.**

### **РАСЧЕТ ПОСТУПЛЕНИЯ ВЛАГИ В УЧЕБНУЮ АУДИТОРИЮ БрГТУ ПРИ ПОМОЩИ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Целью данной работы является расчет поступлений влаги в учебную аудиторию БрГТУ при помощи теоретических и практических данных.

Влага (водяные пары) поступает в воздух помещений от человека, от технологических процессов, связанных с применением воды и водяного пара. Работа в условиях повышенной влажности может явиться причиной заболевания ревматизмом. Аналогично поступлениям теплоты, выделения влаги также не являются вредностями. Ими становятся избытки влаги, повышающие влажность воздуха выше предела, установленного нормами. Избытки влаги определяются по балансу как разность влаговыделений и потерь влаги [1, с. 15].

### **РАСЧЕТ ПОСТУПЛЕНИЯ ВЛАГИ В УЧЕБНУЮ АУДИТОРИЮ БрГТУ ПРИ ПОМОЩИ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Цель данного расчёта – определить, какое количество влаги выделяется в учебной аудитории.

В рамках данной работы рассчитаем влагопоступление в учебную аудиторию 2/108 БрГТУ в холодный период. (Аудитория на 24 человека площадью 45 м<sup>2</sup>).

Поступления влаги в помещения от людей зависят от категории работ и от температуры окружающего воздуха в помещении. Поступления влаги от людей определяются по формуле [2, с. 7]:

$$M_{вл} = m \cdot n, \text{ г/ч}, \quad (1)$$

где  $m$  — количество влаги, выделяемое одним человеком в зависимости от вида выполняемой работы и от температуры внутреннего воздуха;

$n$  – количество людей.

В холодный период года влаговыделения одним мужчиной при лёгкой работе при  $t_{в}=20,0$  °С составляют  $m=40$  г/ч [2, с. 8, таблица 5.1]. Всего от 24 человек влаговыделения составят:

$$M_{вл} = 40 \cdot 24 = 960 \text{ (г/ч)}.$$

## РАСЧЕТ ПОСТУПЛЕНИЯ ВЛАГИ В УЧЕБНУЮ АУДИТОРИЮ БрГТУ ПРИ ПОМОЩИ ПРАКТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Целью данного расчёта – определить, какое количество влаги выделяется в учебной аудитории.

При помощи термогигрометры типа ТГЦ-МГ4 были проведены замеры изменения параметров воздуха в помещении (ауд 108, 2 корпус, БрГТУ) до занятий и после занятий. Результаты сведены в таблицу 1.

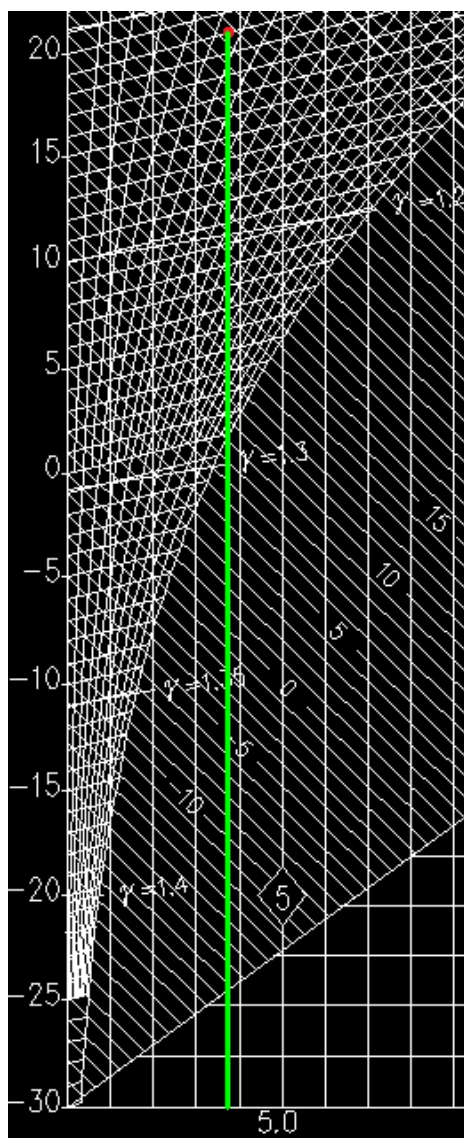
**Таблица 1 – Температура и процентное содержание влаги в помещении до и после занятий**

Аудитория 2/108		
	Влажность	Температура °С
До занятий	27%	19
После занятий	53%	20,6

Для определения количественного значения влаговыделений воспользуемся I-D диаграммой, на которой отметим точки, соответствующие параметрам воздуха до и после занятий.

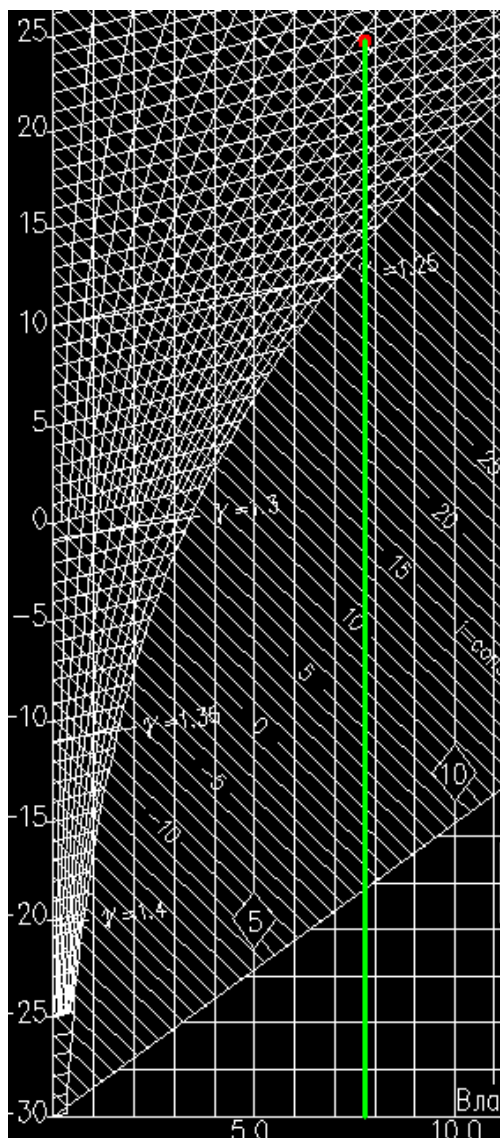
а) до занятий

Влагосодержание  $d=3,9$  г/кг



б) после занятий

Влагосодержание  $d=7,9$  г/кг



Рассчитаем влаговыделения по формуле:

$$W=G(d_2 - d_1).$$

В аудитории присутствует вентиляционный канал 140x270, площадь помещения составляет 45 м<sup>2</sup>, а высота полков 3 м. Исходя из этого, примем воздухообмен [3, с. 4]:

$$G=97,5 \text{ к\text{л}/ч.}$$

Таким образом, количественное значение влаговыделения составит:

$$W=97,5(7,9-3,9)=390 \text{ г/ч.}$$

По итогам проделанной работы можно сделать вывод, что на практике значения влаговыделений значительно меньше, чем при их теоретическом расчёте.

#### **Список цитированных источников**

1. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СНБ 4.02.01–03. – Минск, 2004.
2. Методические указания для выполнения курсового проекта по дисциплине «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» / Составители: С.Р. Сальникова, П.Ф. Янчилин. – Брест 2015. – 53 с.
3. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях: ГОСТ 30494-96. – 1999. – 7 с.

УДК 621.22.01 (75.8)

**Колодей А. В**

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Глушко К. А.*

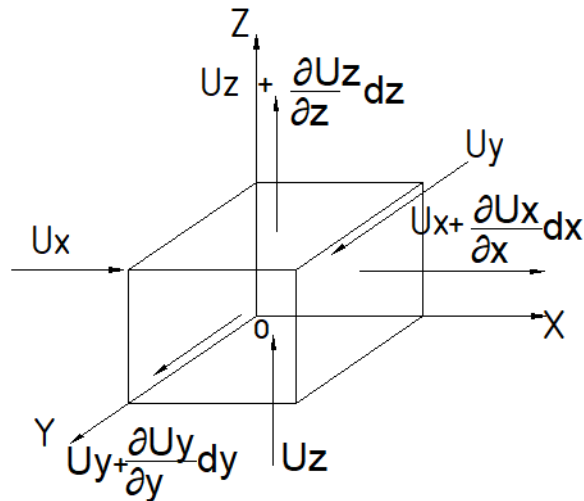
### **ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ (УРАВНЕНИЯ ЭЙЛЕРА)**

Теорию движения жидкости разрабатывали английский ученый Лаплас и французский ученый Эйлер. В частности Эйлер в основу модели движения жидкости положил исследование ее характеристик для неподвижной точки в системе декартовых осей координат [1]. Проекции скорости на соответствующие оси зависят от координат точки и времени:

$$\begin{aligned} p &= f(x, y, z, t); \\ u_x &= f(x, y, z, t); \\ u_y &= f(x, y, z, t); \\ u_z &= f(x, y, z, t); \end{aligned} \tag{1}$$

что можно видеть по изменению величины вектора скорости и его направления во времени.

При разработке модели равномерного движения жидкости Эйлер в системе координат представил куб, через плоскости которого проходят вектора скорости  $U_x$ ,  $U_y$ ,  $U_z$ . Изменение скорости на противоположной плоскости куба он выразил через ее приращение в виде частных производных  $\frac{\partial U_x}{\partial x}$ ,  $\frac{\partial U_y}{\partial y}$ ,  $\frac{\partial U_z}{\partial z}$  на отрезках  $dx, dy, dz$  и времени  $dt$ , как показано на рис. 1.



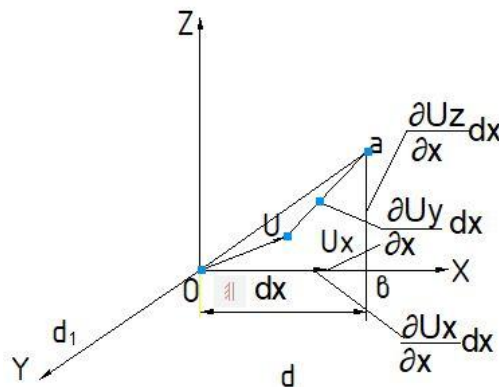
**Рисунок 1 – Изменение векторов скорости по Эйлеру для идеальной жидкости**

Так как абсолютная скорость  $u$  является функцией координат  $(x, y, z)$  и времени  $t$ , то полный дифференциал скорости в частных производных запишется в виде:

$$dU = \frac{\partial U_x}{\partial x} dx + \frac{\partial U_y}{\partial y} dy + \frac{\partial U_z}{\partial z} dz + \frac{\partial U}{\partial t} dt. \quad (2)$$

Важно представить, как формируется проекции скоростей на соответствующие координаты  $(x, y, z)$  в случае произвольной ориентации вектора скорости, ввиду того, что в этом случае имеют место линейные и угловые ее изменения.

Для этого представим систему координат, как показано на рис. 2, и проследим изменение проекции скорости  $U_x$  на координаты  $(x, y, z)$  плоскостях  $XOZ$ ,  $YOZ$ ,  $XOY$ .

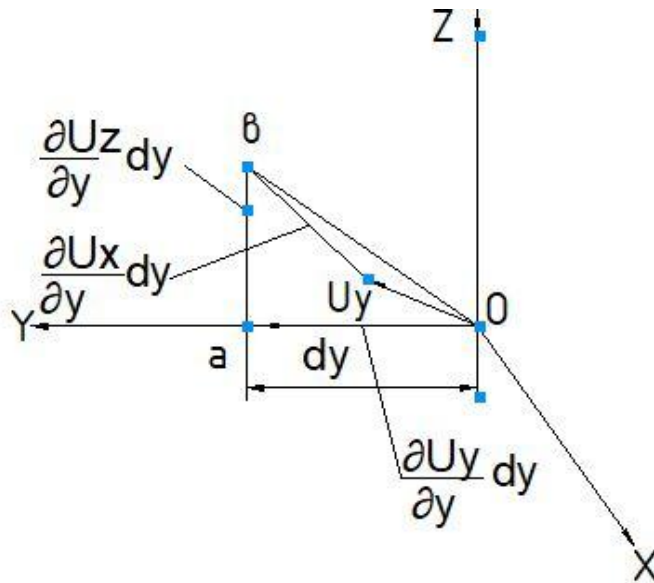


**Рисунок 2 – К анализу проекции скорости  $U_x$  на координаты  $(x, y, z)$  в плоскостях  $XOZ$ ,  $XOY$**

Произвольно ориентированный вектор  $U$  имеет свою проекцию  $U_x$  на ось координат  $OX$ , выражаемую отрезком  $ob$ . Для получения этой проекции вектор скорости  $U$  должен совершить два угловых перемещения и одно линейное. Первое угловое перемещение – это поворот вектора  $U$  в плоскости  $XOY$ . Его можно представить в виде косой частной производной  $\frac{\partial U_y}{\partial x} dx$ , как показано

на рис. 2. Второе угловое перемещение совершает вектор  $U$  в плоскости  $XOZ$ , его можно выразить косой частной производной  $\frac{\partial U_z}{\partial x} dx$ . Линейное изменение вектора скорости  $U$  на ось  $OX$  можно представить в виде прямой производной на собственную ось  $\frac{\partial U_x}{\partial x} dx$ . Изменение проекции вектора скорости во времени Эйлер представил частной производной  $\frac{\partial U_x}{\partial t} dt$ .

Описание проекции вектора скорости  $U$  на координатную ось  $OY$  произведем на основе анализа рис. 3.



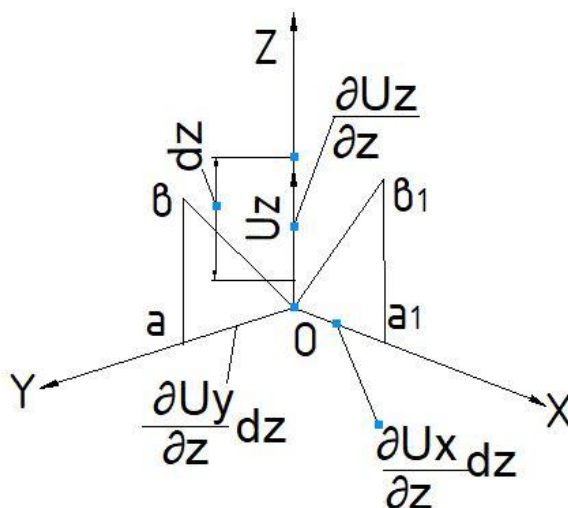
**Рисунок 3 – К анализу проекции скорости  $U_y$  на координаты  $(x,y,z)$  в плоскостях  $YOZ, XOY$**

Принципиальный подход в схеме анализа остается таким же как и в предыдущем случае. Для получения проекции  $U_y$  на ось  $OY$  вектор скорости  $U$  должен совершить также два угловых перемещения и одно линейное. Первое угловое перемещение – это поворот вектора  $U$  в плоскости  $XOY$ , его можно представить в виде косой частной производной  $\frac{\partial U_x}{\partial y} dy$ , как показано на рисунке 3.

Второе угловое перемещение совершает вектор скорости  $U$  уже в плоскости  $YOZ$ , его можно выразить косой частной производной  $\frac{\partial U_z}{\partial y} dy$ . Линейное изменение вектора скорости  $U$  на ось  $OY$  можно представить в виде прямой производной на собственную ось  $\frac{\partial U_y}{\partial y} dy$ . Изменение проекции вектора скорости во времени Эйлер представил частной производной  $\frac{\partial U_y}{\partial t} dt$ .

Изменение проекции вектора скорости  $U$  на координатную ось  $OZ$  произведем на основании рис. 4.





**Рисунок 4 – К анализу проекции скорости  $U_z$  на координаты  $(x,y,z)$  в плоскостях  $YOZ, XOY, XOZ$**

Изменение вектора скорости  $U$  на координатную ось  $OZ$  можно наблюдать по изменениям его проекций  $U_z$  в плоскостях  $YOZ, XOZ$ . Как и в предыдущих случаях, мы имеем два угловых перемещения и одно линейное, которые можно выразить, как следует из рис. 4, двумя косыми частными производными  $\frac{\partial U_x}{\partial z} dz$ ,  $\frac{\partial U_y}{\partial z} dz$  и одной линейной на собственную ось  $\frac{\partial U_z}{\partial z} dz$ .

Группируя изменения проекции вектора скорости в виде частных производных  $U_x$  на оси  $OX, OY, OZ$ , можно записать уравнение полного дифференциала этой проекции с учетом фактора времени в виде:

$$dU_x = \frac{\partial U_x}{\partial x} dx + \frac{\partial U_x}{\partial y} dy + \frac{\partial U_x}{\partial z} dz + \frac{\partial U_x}{\partial t} dt; \quad (3)$$

Аналогично группируя изменения проекции векторов скорости  $U_y, U_z$  на оси  $OX, OY, OZ$  можно записать уравнения полного дифференциала этих проекций с учетом фактора времени в виде:

$$\begin{aligned} dU_y &= \frac{\partial U_y}{\partial x} dx + \frac{\partial U_y}{\partial y} dy + \frac{\partial U_y}{\partial z} dz + \frac{\partial U_y}{\partial t} dt; \\ dU_z &= \frac{\partial U_z}{\partial x} dx + \frac{\partial U_z}{\partial y} dy + \frac{\partial U_z}{\partial z} dz + \frac{\partial U_z}{\partial t} dt. \end{aligned} \quad (4)$$

Из этих уравнений, разделив левую и правую часть на  $dt$ , Эйлер получил систему дифференциальных уравнений для проекций ускорения, которая имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{dU_x}{dt} &= \frac{\partial U_x}{\partial x} U_x + \frac{\partial U_x}{\partial y} U_y + \frac{\partial U_x}{\partial z} U_z + \frac{\partial U_x}{\partial t}; \\ \frac{dU_y}{dt} &= \frac{\partial U_y}{\partial x} U_x + \frac{\partial U_y}{\partial y} U_y + \frac{\partial U_y}{\partial z} U_z + \frac{\partial U_y}{\partial t}; \\ \frac{dU_z}{dt} &= \frac{\partial U_z}{\partial x} U_x + \frac{\partial U_z}{\partial y} U_y + \frac{\partial U_z}{\partial z} U_z + \frac{\partial U_z}{\partial t}. \end{aligned} \quad (5)$$



Полагаем, что данная графическая интерпретация позволит облегчить понимание (восприятие) абстрактной математической модели движения идеальной жидкости Эйлера.

#### Список цитированных источников

1. Чугаев, Р.Р. Гидравлика: Учебник для вузов. – М.: ООО «БАСТЕТ», 2008. – 672 с.

УДК 628.84

**Конон Е. В.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Янчилин П. Ф.**

### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДДЕРЖАНИЯ КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ В КАФЕ ПРИ ПОМОЩИ СПЛИТ-СИСТЕМЫ

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. Современные системы кондиционирования воздуха — это сложный комплекс в кластере систем климатизации, в них применяется большое количество функциональных блоков и агрегатов, которые технологически взаимосвязаны и взаимозависимы. Эффективность работы таких систем, их технико-экономические характеристики во многом зависят от принятых схем [1].

Теплопоступления от искусственного освещения:

$$Q_{\text{осв}} = 200 \cdot 216 \cdot 0,06 \cdot 1 = 2592 \text{ Вт}$$

Теплопоступления от солнечной радиации:

$$Q_p = 5724,3 \cdot \left( \frac{2 \cdot 74,1 \cdot 0,31 + 9,8 \cdot 0,31 + 0,5 \cdot 164,77 \cdot 0,36 + 1,5 \cdot 164,77 \cdot 0,36}{74,1 + 74,1 + 9,8 + 164,77 + 164,77} \right) = 1968 \text{ Вт.}$$

Газовые выделения в помещение:

$$V_{\text{CO}_2} = 18 \cdot 100 = 1800 \text{ л/ч.}$$

Поступление тепла и влаги от людей

В Холодный период года тепло- и влагопоступления от одного человека определены по таблице 5.1 [3] с учетом температуры внутреннего воздуха в помещении  $t_{\text{в}} = 20^\circ\text{C}$  и интенсивности физической нагрузки людей (в состоянии покоя). Тогда от 100 человек:

$$Q_{\text{ж}} = 90 \cdot 100 = 9000 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{п}} = 120 \cdot 100 = 12000 \text{ Вт}$$

$$W = 40 \cdot 50 + 34 \cdot 50 = 3700 \text{ г/ч}$$

Теплый период года тепло- и влагопоступления от одного человека определены по таблице 5.1 [3] с учетом температуры внутреннего воздуха в помещении  $t_{\text{в}} = 25^\circ\text{C}$  и интенсивности физической нагрузки людей (в состоянии покоя). Тогда от 100 человек:

$$Q_{\text{ж}} = 60 \cdot 100 = 6000 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{п}} = 95 \cdot 100 = 9500 \text{ Вт}$$

$$W = 50 \cdot 50 + 42,5 \cdot 50 = 4625 \text{ г/ч}$$

Согласно расчёту, в кафе был принят следующий воздухообмен:  
 $L=10161,7 \text{ м}^3/\text{ч.}$

С целью обеспечения расчётного воздухообмена в рабочем помещении с поддержанием принятых расчётных параметров была запроектирована система кондиционирования, в состав которой входит:

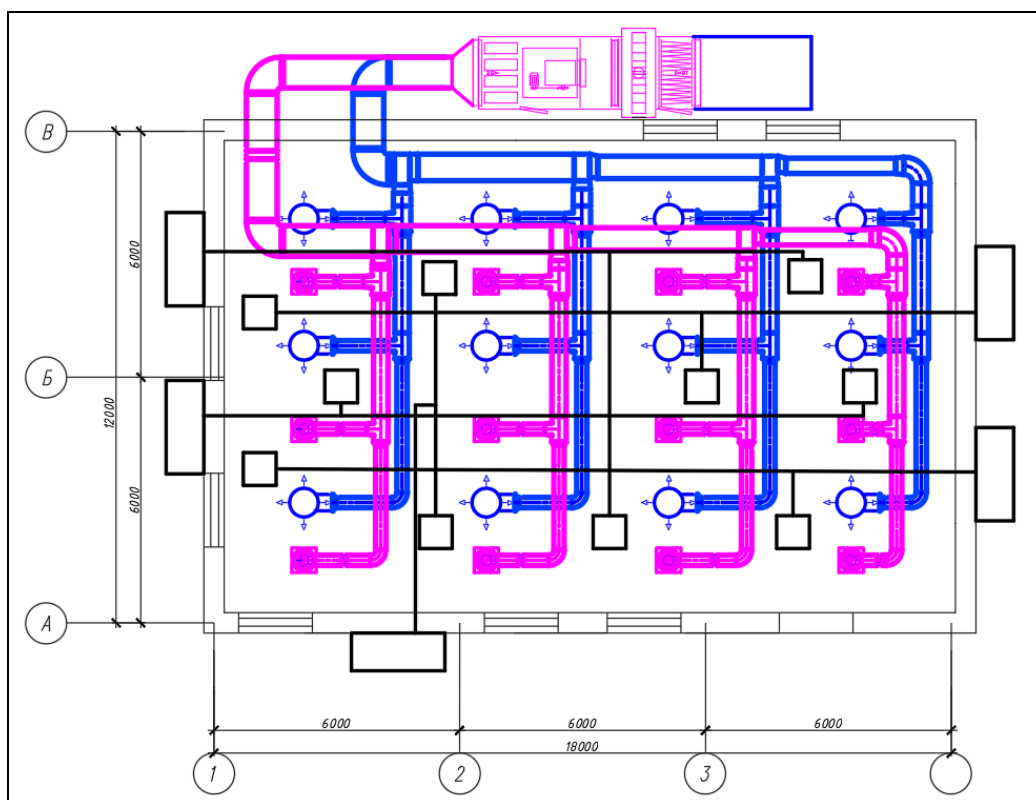
- Приточно-вытяжная установка
- Наружный блок сплит-системы
- Внутренний блок сплит-системы
- Воздухораспределители

При помощи онлайн-сервиса по подбору сплит-систем на сайте [www.mitsubishi.ru](http://www.mitsubishi.ru) был произведен подбор сплит-системы, которая будет обеспечивать комфортные условия для проектируемого помещения. Им является кассетный кондиционер Mitsubishi SLZ-M25FA (Рисунок 1).



**Рисунок 1 – Внутренний блок кассетного кондиционера Mitsubishi SLZ-M25FA**

Необходимо установить 10 внутренних блоков и 5 внешних для поддержания комфортных условий. Схема расположения блоков представлена на рисунке 2.

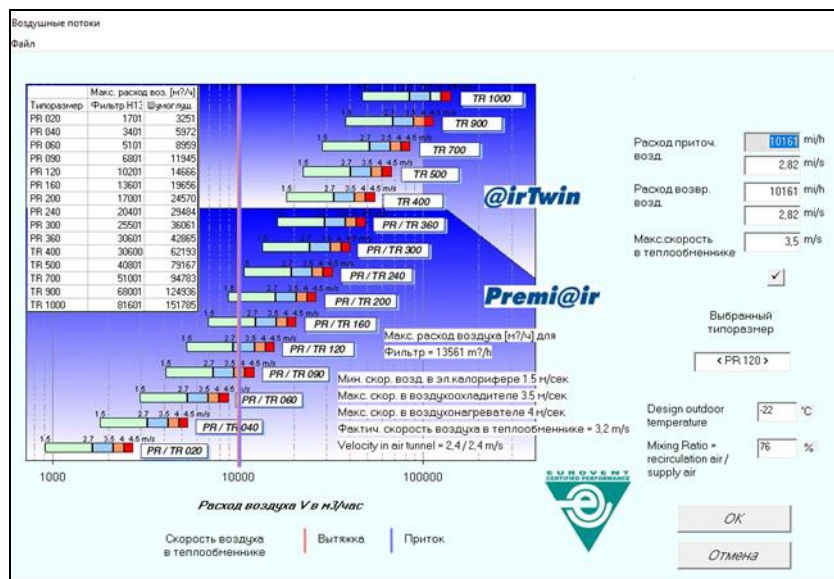


**Рисунок 2 – Схема расположения внешних и внутренних блоков сплит-системы Mitsubishi SLZ-M25FA**

Блок имеет компактный корпус для установки в ячейки потолка 600 мм х 600 мм. Прибор оснащен насосом для отвода конденсата, а также системой отдельного привода воздушных заслонок. Угол подачи воздуха может быть независимо отрегулирован и зафиксирован для каждой из 4 сторон кассетного блока.

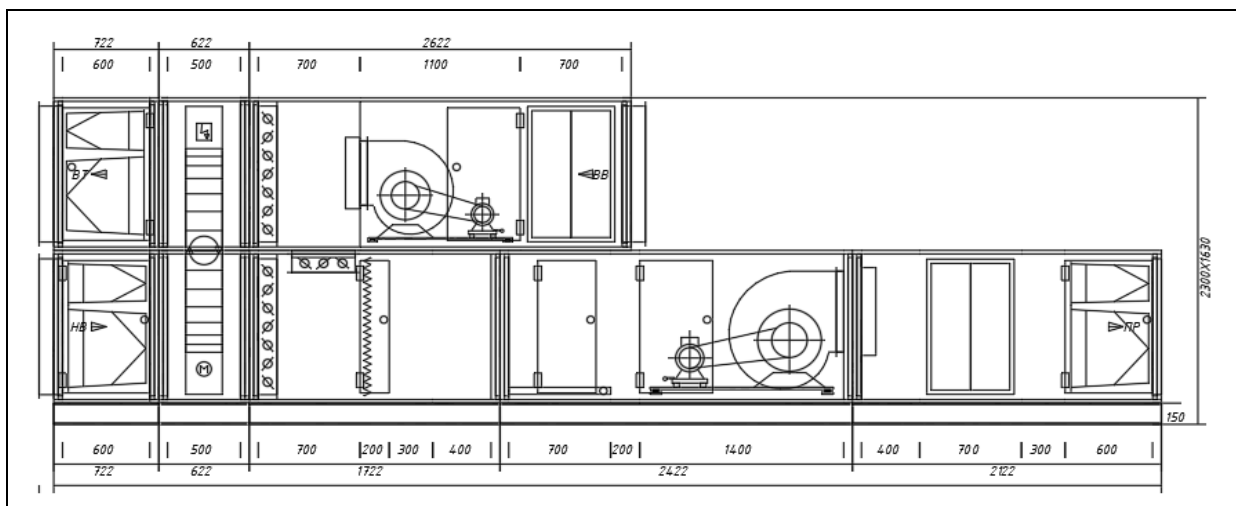
В отличие от системы кондиционирования без сплит-системы, как такового центрального кондиционера не будет, а будет приточно-вытяжная установка. Секции подготовки воздуха будут отсутствовать, из-за присутствия их во внутренних блоках сплит-системы. Тем самым будет уменьшена стоимость самой приточно-вытяжной установки.

По заданным условиям была принята приточная установка PR 120 (рисунок 3). Расчётная стоимость установки составляет 18494 Br.



**Рисунок 3 – Подбор приточно-вытяжной установки в программе WinClim II**

Схема приточно-вытяжной установки представлена на рисунке 4.



**Рисунок 4 – Схема приточно-вытяжной установки**

Стоимость полного комплекта данной сплит-системы 5 254 BYN. Следовательно, разница между данной системой кондиционирования и системой с центральным кондиционером в цене небольшая, однако обслуживание цен-

трального кондиционера обходится намного дороже и регулирование его мощности зачастую невозможно. При том, что при использовании сплит-системы можно контролировать количество включенных внутренних и внешних блоков, а само обслуживание недорогое. Также нельзя не отметить и незаметность внутренних блоков кассетных кондиционеров, ведь в помещении видна лишь декоративная решетка, а равномерное распределение воздушного потока по четырём направлениям позволяет использовать один кассетный кондиционер для поддержания комфортных условий в большом помещении.

Из недостатков можно выделить неточное поддержание комфортных условий, так как почти все кассетные кондиционеры собираются на заводе и отсутствует возможность изменения оборудования в самом кондиционере. Невозможность изменять влажность воздуха является также большим недостатком, ведь зачастую требуется поддержание этого параметра на требуемом уровне. Таким образом, использование сплит-системы удешевляет обслуживание системы кондиционирования, но и ухудшает точность поддержания требуемых параметров внутреннего воздуха.

#### **Список цитированных источников**

1. Методические указания для выполнения курсового проекта по дисциплине «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» / Составители: С.Р. Сальникова, П.Ф. Янчилин. – Брест, 2015. – 53 с.
2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СНБ 4.02.01–03. – Минск, 2004.
3. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях: ГОСТ 30494-96. – 1999. – 7 с.
4. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: Учеб. пособие / П.И. Дячек. – М.: Издательство АСВ, 2017. – 676 с.
5. Методические указания к курсовому проектированию по курсу лекций «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» / Составители: П.Т. Крамаренко, С.С. Козлов, И.П. Грималовская. – Нижний Новгород, 2009. – 50с.

УДК [691.535:693.554]:666.193.2

*Лемшевский Е. Ю.*

*Научный руководитель: м.т.н., ст. преподаватель Ключева Е. В.*

### **ГЕНЕРАЦИЯ ШУМА ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯМИ. СРАВНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ**

Шум от воздухораспределителей (ВР) возникает непосредственно в вентилируемом помещении в результате обтекания потоком воздуха кромок, жалюзи, сеток и других элементов, находящихся в плоскости проходного сечения изделия. Этот шум, обусловленный пульсациями давления и скорости, наличием вихреобразования, зависит не только от скорости набегающего потока, местного сопротивления, размеров и конструкции элемента, но также от степени турбулентности набегающего потока, равномерности в поперечном сечении подводящего воздуховода и живом сечении воздухораспределителя. При наличии камеры статического давления шум возникает при резком изменении поперечного сечения подводящего воздуховода и камеры статического

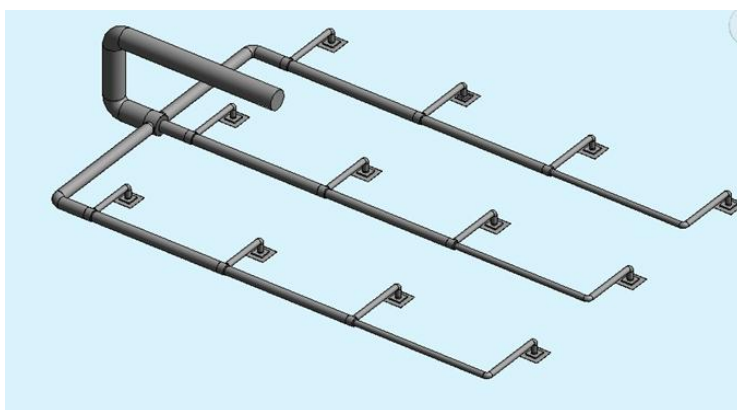
давления. В некоторых случаях этот шум преобладает над шумом, излучаемым воздухоораспределительной панелью [1, с. 18].

Не следует пренебрегать акустическими характеристиками ВР, т. к. с избыточным шумом от этого элемента, заключительного в вентиляционной системе, бороться практически невозможно.

Задача заключается в выборе подходящего для данных условий воздухоораспределителя.

Для нашего случая воспользуемся программой «ArktosCFSelNoise» для акустического расчёта ожидаемых уровней шума.

Необходимо для зала заседаний (рисунок 1) с размерами 15x14x3 м подобрать вид воздухоораспределителя при воздухообмене 4400 м<sup>3</sup>/ч с целью выбрать такой вариант, при котором акустические характеристики соответствуют нормативным значениям. Объемный расход воздуха через один ВР -366 м<sup>3</sup>/ч.



**Рисунок 1 – 3D-план системы вентиляции зала заседаний**

В каталоге «ArktosCFSelNoise» приведены акустические характеристики воздухоораспределителей в виде скорректированных уровней звуковой мощности  $L_{wA}$  в дБ(А). Данный параметр позволяет проводить сравнительную оценку различных воздухоораспределительных устройств по уровню шумоизлучения, приблизительно оценить ожидаемый уровень звука и выбрать наиболее оптимальный вариант на стадии предварительной оценки ожидаемых уровней шума. Выбирали нормативные значения уровня звука в дБ(А) для зала заседаний (рисунок 2) при этом соответствующие значения в октавных полосах частот установятся автоматически.

**Вентилируемое помещение [?]**

Размеры помещения:  м [?],

Тип помещения:  [?]

Категория помещения:  [?]

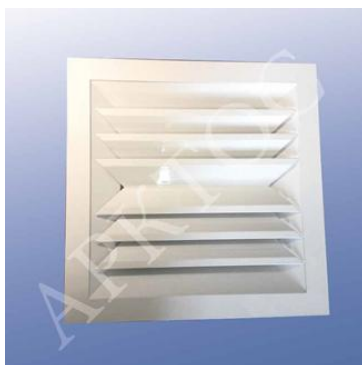
**Предельно допустимые уровни шума для вентиляруемого помещения [?]**

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц								$L_{pA}$ доп. дБ(А)
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
$L_{p}$ доп. дБ								
67	57	49	44	40	37	35	33	45

**Рисунок 2 – Нормативные значения уровня звука в дБ(А)**



Один из простейших видов воздухораспределителя – вентиляционная решетка 2АПН, представленная на рисунке 3, предназначена для подачи и удаления воздуха в жилых, административных, общественных и производственных помещениях. 2АПН - состоит из прямоугольного корпуса, в который при помощи пружин устанавливается блок из направляющих пластин.



**Рисунок 3 – Вентиляционная решетка 2АПН**

Второй вид - 2ВГК «Генератор комфорта», на рисунке 4, предназначен для подачи воздуха системами вентиляции и кондиционирования в небольших помещениях различного назначения (офисы, магазины, купе поезда, каюты кораблей и т. п.). Конструктивно 2ВГК состоит из алюминиевой жалюзийной решетки и корпуса в виде прямоугольного отвода с поворотом на 90°, выполненного из оцинкованной стали, внутри которого установлены рассекающий и отражающий экран. Жалюзи решетки жестко закреплены под определенным углом с целью формирования устойчивого настилающегося на потолок двухстороннего потока.



**Рисунок 4 – 2ВГК «Генератор комфорта»**

Для выбора наиболее подходящего воздухораспределителя был произведен их расчет в программе «ArktosCFSelNoise». Акустические характеристики по обоим воздухораспределителям (рисунок 5) сопоставлялись между собой.

Определение  $L_w$ ,  $L_{w(A)}$  при заданном значении  $L_0$  [?]

Название	$L_0$ , м <sup>3</sup> /ч	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц								$L_{w(A)}$ , дБ(А)	[?]
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
2ВГК 400x200 $\alpha=60^\circ$ веерно	366	47	41	42	37	38	33	18	<10	42	⊕ ⊕ ⊕ ⊗
2АПН 225x225	366	62	66	68	68	72	72	70	62	78	⊕ ⊕ ⊕ ⊗

**Рисунок 5 – Акустические характеристики воздухораспределителей 2АПН и 2ВГК «Генератор комфорта»**

*Вывод:* Результаты расчетов сравнивались с нормируемыми значениями уровня звука в зале заседаний. Акустические характеристики 2ВГК «Генератор комфорта» в пределах нормы, а характеристики вентиляционной решетки 2АПН превышает нормируемое значение.

На основе сравнения акустических характеристик можно сделать вывод о том, что в данных условиях может быть использован 2ВГК «Генератор комфорта».

#### **Список цитированных источников**

1. Сальникова, С.Р. Необходимость технически грамотного проектировании систем вентиляции в снижении энергопотребления // Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: материалы научного семинара; Брест, 21 марта 2018г. – Брест: РУПЭ «БРЕСТЭНЕРГО», 2018. – С. 17-21.

УДК 502.51

*Литвинюк В. В., Пешта М. А.*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Кириченко Л. А.*

### **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОЕМОВ МАЛЫХ ГОРОДОВ ЮГО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ**

Создание благоприятных условий жизнедеятельности людей во многом зависит от качества воды в водоемах. Экологическое состояние урбанизированных водоемов зависит от комплекса факторов, важнейшим из которых можно выделить антропогенное влияние. Антропогенное влияние выражается в происхождении водоема, его гидроморфологических характеристиках, вида и источников поступления поллютантов в воды водоемов городов, в степени рекреационной нагрузки, в виде водопользования и др. Это усложняет определение характера экологического статуса водоемов.

Согласно классификации водоемов по величине их водной поверхности, предложенной П. В. Ивановым (1948), среди водоемов Беларуси по площади преобладают очень малые и малые водоемы (около 90%) с максимальной глубиной до 5 м [1]. Большинство из них имеют антропогенное или природно-антропогенное происхождение. Эти водоемы не включены в государственную сеть мониторинга экологического состояния водных объектов Беларуси. Поэтому исследование экологического состояния таких водных объектов особо актуально для выявления условий жизнедеятельности людей.

**Целью данной работы** является исследование экологического состояния водоемов урбанизированных территорий юго-запада Беларуси.

Объектом исследования являлись городские водоемы юго-запада Беларуси с разной степенью антропогенного влияния и площадью водного зеркала до 1 км<sup>2</sup>.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Исследовать гидрохимические показатели качества воды водоемов урботерриторий;
2. Провести первичные исследования гидроморфологических характеристик городских водоемов;
3. Выявить состояние и основные экологические проблемы исследуемых водоемов.

В процессе работы проводились гидрохимические и гидроморфологические исследования воды водоемов малых городов.

Оценка гидроморфологического состояния обводненного карьера проводилась методами ГИС-картирования и полевыми исследованиями. Проводи-

лось исследование водосбора водоема и его основных морфометрических характеристик: максимальная длина (L), максимальная ширина (B), площадь водного зеркала (A), длина береговой линии (L<sub>г</sub>). На основе этих данных рассчитывались показатель удлинённости береговой линии L\* ( $L^* = \frac{L}{B}$ ) и степень развития береговой линии S ( $S = \frac{L}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{A}{\pi}}}$ ) [2].

*Общие сведения о водоемах:* Исследуемые урбанизированные водоемы юго-запада Беларуси характеризуются равнинными водосборами, антропогенным и природно-антропогенным происхождением и питанием за счет грунтовых вод и дренирующих мелиоративных каналов.

*Морфометрические характеристики* некоторых водоемов юго-запада Беларуси показаны в таблице 1.

**Таблица 1 – Гидроморфологические параметры некоторых городских водоемов юго-запада Беларуси**

Водоем	Происхождение	Площадь A, км <sup>2</sup>	мах длина L, км	мах ширина B, км	Длина береговой линии L <sub>г</sub> , км	Степень развития береговой линии L*	Коэффициент удлиненности S
г. Кобрин							
пруд ул. Полесская	Антропогенное	0,004	0,084	0,024	0,290	3,50	1,29
Парковый пруд	Природно-антропогенное	0,02	0,200	0,102	1,545	1,96	3,08
г. Жабинка							
Пруд «Мухина яма»	Антропогенное	0,002	0,064	0,039	0,250	1,64	1,58
Парковый пруд	Природно-антропогенное	0,008	0,138	0,083	0,400	1,66	1,26
г. Малорита							
Карьер ул. Дзержинская	Антропогенное	0,007	0,144	0,060	0,370	2,4	1,25
Парковый пруд	Природно-антропогенное	0,016	0,170	0,123	0,512	1,38	1,14

Исследуемые водоемы относятся к очень малым (площадь 0,01-0,1 км<sup>2</sup>) водоемам и к водоемам с площадью водного зеркала < 0,01 км<sup>2</sup>, не вошедшим в классификацию.

В результате статистической обработки данных, исходя из показателя удлиненности береговой линии L\*, были определены следующие виды котловин: водоемы, близкие к овальной форме (L\* = 3–5) — 1; водоемы, близкие к округлой форме (L\* = 1,5 – 3,0) — 1, округлой формы — 4.

Для определения гидрохимической нагрузки на водоем отбор проб проводился стандартными методами с приповерхностной части водоема с глубины 0,3 м, пробы анализировались в течение суток с момента отбора. Анализ воды по гидрохимическим показателям проводился в соответствии с методиками государственного реестра химического анализа поверхностных вод [3].

Эколого-гидрохимическое состояние исследуемых водоемов представлено в таблице 2 (подчеркиванием выделено превышение нормативных показателей).

Во всех исследуемых водоемах рН, бихроматная окисляемость (ХПК), растворенный кислород, содержание гидрокарбонат-ионов, хлоридов, сульфатов, фосфатов (в пересчете на P), анионноактивных СПАВ соответствует нормам.



**Таблица 2 – Показатели гидрохимического состояния воды урбанизированных водоемов в зимний период 2020 г**

Показатели	Норматив, ПДК	Кобрин		Жабинка		Малорита	
		Парковый пруд	Пруд по ул Полесской	Парковый пруд	Пруд «Мухина яма»	Карьерный водоем	Парковый пруд
pH	6,5-8,5	8,0	7,98	8,14	7,82	7,64	7,7
Жесткость, мг-экв/дм <sup>3</sup>	-	4,9	4,29	4,77	8,59	4,9	4,67
ХПК, мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	15	-	6,12	4,16	7,04	5,33	6,22
Растворенный кислород, мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	Не менее 4	<u>25,69</u>	12,65	3,808	13,0	9,68	9,21
БПК <sub>5</sub> , мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1 – 3	<u>24,64</u>	-	0,53	<u>5,42</u>	3,6	0,99
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	-	17,1	252,54	158,6	247,66	83,37	1230,17
Ca <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	180	51,77	64,73	79,16	130,0	27,39	59,46
Mg <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	40	28,17	12,81	9,93	30,27	<u>49,95</u>	20,67
Cl <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	300	64,79	99,44	59,9	186,4	35,28	55,025
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	500	46,08	92,16	105,6	269	56,32	81,92
Fe <sub>общ</sub> *, мг/дм <sup>3</sup>	0,3	<u>1,3</u>	<u>0,9</u>	<u>0,85</u>	<u>1,05</u>	<u>0,91</u>	<u>0,88</u>
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мгP/дм <sup>3</sup>	3,5 (1,1 )	0,00652	0,0287	0,002	0,00717	0,0039	0,0046
СПАВ анионактивные, мг/дм <sup>3</sup>	0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

\* для питьевых вод

Содержание железа общего превышает ПДК для всех водоемов в несколько раз, это характерно для исследуемого региона.

Для Паркового пруда в г. Кобрин повышены показатели растворенного кислорода и БПК<sub>5</sub>, это свидетельствует о эвтрофикации водоема.

В водоеме «Мухина яма» в г. Жабинка также наблюдаются признаки эвтрофикации (показатели растворенного кислорода и БПК<sub>5</sub> являются пограничными) и загрязнения: показатели общей жесткости, содержание сульфатов и хлоридов повышены и отличаются от фоновых для данного региона.

При исследовании гидрохимических показателей качества воды водоемов г. Малорита большинство показателей соответствует нормативам. Незначительное повышение хлоридов и сульфатов для паркового пруда можно охарактеризовать попаданием ливневых сточных вод в водоем.

Концентрация железа общего (этот показатель выше ПДК в несколько раз) превышает нормативное значение, что соответствует данному региону.

Проба на пенообразование положительна. Таким образом, наличие в воде СПАВ свидетельствует об антропогенном действии на водоем.

Для определения экологического состояния воды урбанизированных водоемов определялся индекс загрязнения воды (ИЗВ) по следующим гидрохимическим показателям: рН, БПК<sub>5</sub>, ХПК, фосфаты, хлориды и сульфаты.

ИЗВ рассчитывали по формуле [4]:

$$ИЗВ = \frac{\sum (C_{1-6} / ПДК_{1-6})}{6},$$

где С/ПДК – относительная (нормированная) среднегодовая концентрация;  
6 – строго лимитируемое количество показателей.

При расчете использовались ПДК для вод хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования.

Результаты анализа степени загрязнения водоема показаны в таблице 3.

**Таблица 3 – ИЗВ урбанизированных водоемов юго-запада Беларуси в зимний период 2020 г.**

Водоем	Значение ИЗВ	Степень загрязнения воды	Класс качества воды
Парковый пруд, Кобрин	1,89	умеренно загрязненная вода	III
Пруд по ул. Парковая, Кобрин	0,37	чистая вода	II
Парковый пруд, Жабинка	0,27	очень чистая вода	I
Пруд «Мухина яма», Жабинка	0,73	чистая вода	II
Парковый пруд, Малорита	0,33	чистая вода	II
Карьерный водоем, Малорита	0,45	чистая вода	II

Таким образом, в зимний период 2020 г вода в большинстве водоемов по гидрохимическим показателям чистая.

Гидроморфологические исследования показали преобладание очень малых водоемов и водоемов городских территорий, не входящих в классификацию. Водоемы по форме котловины относятся в большинстве случаев к водоемам округлой формы.

Гидрохимические исследования показали, что вода урбанизированных водоемов в большинстве случаев (кроме Паркового пруда в Кобрине) является чистой, водоемы в хорошем экологическом состоянии.

#### **Список цитированных источников**

1. Власов, Б.П. Природно-хозяйственная классификация озер Беларуси / Б.П. Власов // Выбранные научные работы БДУ. – Минск, 2001. – С. 315-332.

2. Малоземова, О.В. Морфометрическая характеристика озер в различных ландшафтах востока Ленинградской области / О.В. Малоземова // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. Сер. Естественные науки. – СПб: РГПУ им. А.И. Герцена, 2012. – № 114. – С. 112-121.

3. Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Правила определения химического (гидрохимического) статуса озерных экосистем: ТПК 17.13-09-2013 (02120). – Минск : Минприроды РБ, 2014 – 14 с.

4. Шитиков, В.К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.

УДК 556.048 (476)

**Лямшев Д. А.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Зубрицкая Т. Е.**

### **ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРА ДРУЖНОСТИ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ**

Целью данной работы является выявление наиболее значимых характеристик влияющих на параметр  $K_0$ , которые могут быть в дальнейшем обоснованы в ходе дополнительных гидрологических изысканий.

Объектом исследования являются гидрографические и гидрологические характеристики по водосборам рек Беларуси.

Согласно [1], расчетный максимальный расход воды весеннего половодья  $Q_{p\%}$  ( $m^3/c$ ), заданной ежегодной вероятностью превышения  $P\%$ , определяется по формуле

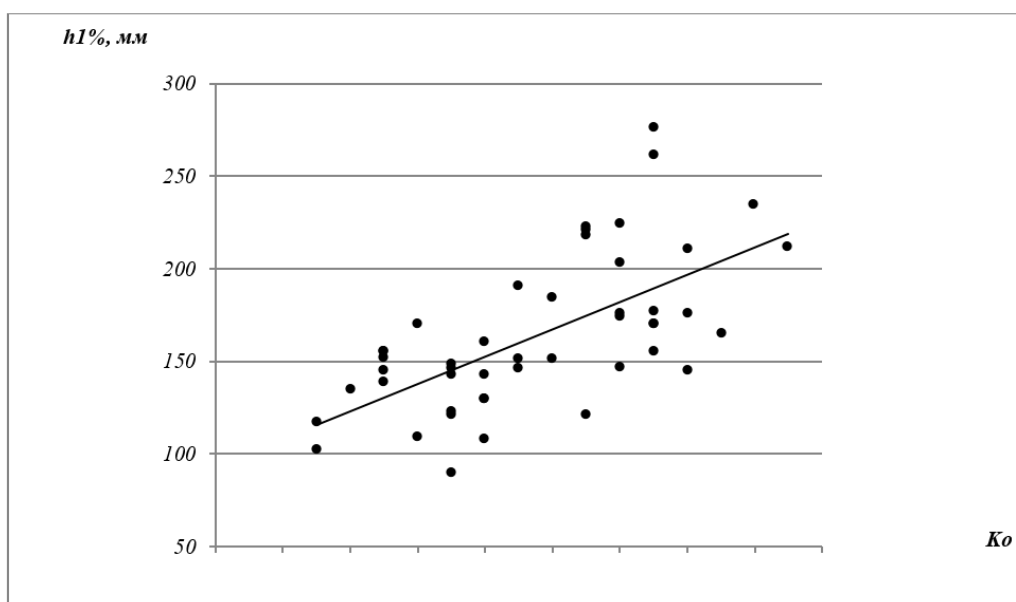
$$Q_p = \frac{K_0 \cdot h_p \cdot \mu \cdot \delta \cdot \delta_1 \cdot \delta_2}{(A+1)^{0,2}} \cdot A, \quad (1)$$

где  $K_0$  – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья;  $h_p$  – расчетный слой суммарного весеннего стока, мм, ежегодной вероятностью превышения  $P\%$ ;  $\mu$  – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока и максимальных расходов воды;  $\delta$  – коэффициент, учитывающий влияние водохранилищ, прудов и проточных озер;  $\delta_1, \delta_2$  – коэффициенты, учитывающие снижение максимальных расходов воды, соответственно, в залесенных и заболоченных водосборах;  $A$  – площадь водосбора,  $km^2$ .

Расчет максимальных расходов воды по формуле (1) проводится методом аналогии, путем подбора реки-аналога, на которой ведутся наблюдения за водным режимом. Затем вычисляется параметр  $K_0$  как среднее арифметическое из значений, определенных по данным нескольких рек-аналогов обратным путем из формулы (1). При этом параметр дружности весеннего половодья является достаточно приближенным и не имеет физического смысла.

Исходным материалом для исследования параметра дружности половодья послужила гидрологическая база программного комплекса "Гидролог". Для этих целей было отобрано 59 речных водосборов рек Беларуси, для которых имелись данные по  $K_0$ , площади водосбора ( $A$ ), слоями стока ( $h_{p=1\%}$ ,  $h_{p=3\%}$ ,  $h_{p=5\%}$ ,  $h_{p=10\%}$ ,  $h_{p=25\%}$ ,  $h_0$ ) соответственно 1%, 3%, 5%, 10%, 25% и нормы стока, коэффициента вариации ( $C_v$ ), а также длина водотока, уклон водосбора ( $J_B$ ), озерность, болота, заболоченные земли, заболоченный лес, сухой лес, густота речной сети.

Методами математической статистики [2] было исследовано влияние различных гидрографических и гидрологических факторов на параметр  $K_0$ . Наиболее существенными факторами является слой стока подъема половодья, слой стока весеннего половодья 1%-й обеспеченности, заболоченные земли, заболоченный лес (рисунок 1). При увеличении слоя стока 1%-й обеспеченности параметр дружности весеннего половодья увеличивается. Эта тенденция имеет место как для отдельно взятых водосборов рек Беларуси, так и для всей исследуемой территории.



**Рисунок 1 – График зависимости параметра дружности весеннего половодья от слоя стока 1%-й обеспеченности**

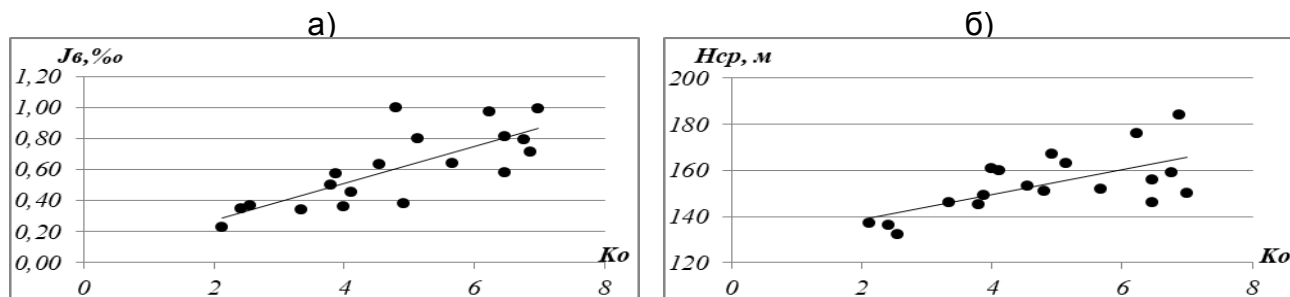
Однако использовать эти факторы для определения  $K_0$  не всегда возможно из-за отсутствия карт слоя стока 1%-й обеспеченности, поэтому в мелиоративной практике прибегают к другой расчетной зависимости определения максимальных мгновенных расходов воды заданной ежегодной вероятности превышения ( $P\%$ ) [1]:

$$Q_p = \frac{K'_0 \cdot h_p \cdot \mu \cdot \delta}{1000 \cdot (A + 1)^{0,20}} \cdot A, \quad (2)$$

где параметр  $K'_0$ , характеризующий дружность весеннего половодья, в формуле (2) связан с параметром  $K_0$  из формулы (1) следующей зависимостью:

$$K_0 = \frac{K'_0}{1000 \cdot \delta_1 \cdot \delta_2}. \quad (3)$$

Исходные данные для определения  $K'_0$  были предоставлены ОАО "Полесьегипровхоз"[3]. После анализа данных были отобраны факторы, существенно влияющие на параметр  $K'_0$  (слой стока весеннего половодья 1%-й обеспеченности ( $h_{1\%}$ ), уклон водосбора ( $J_B$ ), густота речной сети ( $\rho$ ), высота водосбора ( $H_{cp}$ ) и общая залесенность ( $A_{лес}$ )), а затем построены графические зависимости, представленные на рисунке 2.



**Рисунок 2 – График зависимости параметра дружности весеннего половодья от уклона водосбора (а) и высоты водосбора (б)**

По факторам, значимо влияющим на параметр дружности весеннего половодья, построена модель для определения  $K'_0$ , преобразованная в удобный для пользования вид:

$$K'_0 = \frac{h_{1\%}^{0,817} \cdot J_B^{0,211} \cdot H_{cp}^{0,521}}{117,10 \cdot \rho^{0,138} \cdot A_{лес} + 1} \cdot 0,109 \quad (4)$$

Кроме этого, были получены частные зависимости  $K'_0$  от следующих факторов: слоя стока весеннего половодья 1%-й обеспеченности; суммарной залесенности водосбора; уклона водосбора.

Параметры  $K_0$  и  $K'_0$  для расчета расходов воды весеннего половодья представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Значение параметров  $K_0$  и  $K'_0$**

№п/п	Река - створ	$K'_0$	$K_0$
1	Орлянка-Хомово	7,28	0,018
2	Ржавка - Черная Вирня	6,47	0,017
3	Ола - Михалево	6,76	0,015
4	Ведрич - Бабичи	2,13	0,010
5	Покоть - Красный Дубок	4,55	0,014
6	Беседь - Бельниковичи	7,21	0,018
7	Беседь - Светиловичи	7,31	0,019
8	Жадунька - Костюковичи	6,23	0,016
9	Терюха - Грабовка	5,67	0,019
10	Ясельда - Сенин	3,07	0,015
11	Винец - Рыгали	4,00	0,011
12	Неслуха - Рудск	3,88	0,012
13	Случь - Ленин	4,25	0,017
14	Морочь - Мацкевичи	7,64	0,018
15	Птичь - Лутичи	2,93	0,011
16	Оресса - Верхутино	4,12	0,019
17	Оресса - Любань	3,34	0,013
18	Оресса - Андреевка	3,00	0,012
19	Иппа - Кротов	2,42	0,010

По данным таблицы 1 получена связь параметра  $K_0$  с параметром  $K'_0$ , которая имеет вид

$$K_0 = 0,0074 \cdot K'_0{}^{0,456}, \quad (5)$$

( $r=0,81 \pm 0,06$ ).

В заключение необходимо отметить, что полученное уравнение (4) может быть использовано для определения параметра  $K'_0$ , если подобрать реку-аналог затруднительно. В ходе исследований была выявлена степень влияния гидрографических и гидрологических параметров на коэффициент дружности весеннего половодья. Полученные результаты могут применяться в учебном процессе при подготовке инженеров по специальности “Мелиорация и водное хозяйство”.

#### **Список цитированных источников**

1. Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения: ТКП 45-3.04-168-2009 (02250). – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2010.
2. Статистические методы в природопользовании / В.Е. Валуев [и др.]. – Брест : Брест. политехн. ин-т, 1999.- 252 с.
3. Исследование характеристик максимального стока весеннего половодья / В.Е. Валуев [и др.] // Водные ресурсы и экология Беларуси : материалы VIII конференции. – Минск: ЦНИИКИВР, 2001. – С. 52–56.
4. Gopchenko E. D. M. P. The influence of the afforestation and swampiness on the design characteristics of the spring flood peak flow in the river Pripyat basin / E.D. Gopchenko, M.E. Romanchuk, M.P. Pogorelova // European science review. – 2015. – № 1-2. – P. 10-13.
5. Коэффициент дружности половодья рек Республики Беларусь / В.Н. Юхновец [и др.] // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 11-й Международной научно-технической конференции. - Минск : БНТУ, 2013. Т. 2. – С. 124-125.

УДК [691.535:693.554]:666.193.2

**Мельник Е. И.**

**Научный руководитель: доцент, к.т.н. Новосельцева Д. В.**

### **ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ВОДЕ В СИСТЕМЕ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

Существуют различные схемы горячего водоснабжения зданий [1]. Горячая вода — такая же неотъемлемая часть нашего комфорта, как электричество, газ, отопление. И, конечно же, к ней предъявляются особые требования.

По нормативам Республики Беларусь температура горячей воды в местах водоразбора должна быть не ниже 50°C и не выше 75°C. Это связано с несколькими причинами. При разработке норм температурной подачи горячей воды основными моментами считаются размножение бактерий и вероятность получения ожогов. То есть температурный разбег должен быть таким, чтобы вредоносные бактерии погибали, но вместе с тем, чтобы потребляемая вода не приводила к ожоговым травмам. Последнее очень актуально для детских или лечебных учреждений, в них температура горячей воды, подаваемой к водоразборной арматуре душей и умывальников, не должна превышать 37°C.

Пресная и теплая вода — это прекрасное место для размножения и обитания такой опасной бактерии, как «легионелла», которая является угрозой для жизни и здоровья человека. Источником заражения людей является вода или

водовоздушный аэрозоль с бактериями, попадающими в дыхательную систему из систем кондиционирования или горячего водоснабжения.

Для уменьшения концентрации бактерий проводится дезинфекция, которая может осуществляться химическим или термическим путем, а также с помощью УФ-лучей. Во время термической дезинфекции воду подогревают до определенной температуры (при  $t=70^{\circ}\text{C}$  время дезинфекции – 5 минут, при  $t=65^{\circ}\text{C}$  – 10 минут). Все водоразборные точки, по возможности, должны быть закрыты, а циркуляционный насос работает все время до тех пор, пока не будет достигнута необходимая температура во всех стояках системы горячего водоснабжения [2].

Казалось бы, вывод очевиден: стоит подавать горячую воду с высокой температурой нагрева. Но тут существует обратная сторона. Если температура воды в кране более 50 градусов, есть вероятность получить ожог.

Часто жильцы многоквартирных домов сталкиваются с тем, что их соседи меняют старые полотенцесушители на новые, вследствие чего может измениться температура горячей воды в точках водоразбора. По законодательству Республики Беларусь горячая вода в кране должна иметь температуру не ниже  $50^{\circ}\text{C}$ . В противном случае нарушаются права потребителя.

В циркуляционных системах горячего водоснабжения для поддержания необходимых температур воды необходимо корректное определение потерь теплоты в системе. Эти расчеты являются основой для подсчета циркуляционных расходов.

Для примера и наглядного представления произведем такие расчеты для шестиэтажного жилого дома на 24 квартиры, в котором запроектированы 4 стояка [1]. Расчеты сводим в таблицу 1.

**Таблица 1 – Определение потерь теплоты**

№ участка	наружный диаметр трубопровода $d_n$ , мм	длина участка $l$ , м	температура окружающей среды $t_0$ , $^{\circ}\text{C}$	$t_m - t_0$ , $^{\circ}\text{C}$	удельные потери $q^{ht}$ , Вт/м	$1-\eta$	потери теплоты стояков $Q^{ht}$ , Вт	потери теплоты полотенцесушителя $Q_p$ , Вт	суммарные теплотопотери стояков и полотенцесушителя $\Sigma Q^{ht}$ , Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
СтТЗ-1									
1'-4 В	25	2,75	23	32	20,7	0,2	11,39		11,39
Г	25	3,05	23	32	25,2	0,2	15,37	150	165,37
4-5 В	25	2,75	23	32	20,7	0,2	11,39		11,39
Г	25	3,05	23	32	25,2	0,2	15,37	150	165,37
5-6 В	32	2,75	23	32	25,1	0,2	13,81		13,81
Г	32	3,05	23	32	30,4	0,2	18,54	150	168,54
6-7 В	32	2,75	23	32	25,1	0,2	13,81		13,81
Г	32	3,05	23	32	30,4	0,2	18,54	150	168,54

**Продолжение таблицы 1**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7-8 В	32	2,75	23	32	25,1	0,2	13,81		13,81
Г	32	3,05	23	32	30,4	0,2	18,54	150	168,54
8-9 В	40	1,9	23	32	29,8	0,2	11,32		11,32
В	40	0,5	5	50	52,1	0,2	5,21		5,21
Г	40	3,05	23	32	35,7	0,2	21,78	150	171,78
Г	40	7,75	5	50	60,5	0,2	93,78		93,78
9-10 Г	40	9,3	5	50	60,5	0,2	112,53		112,53
10-11 В	50	1	5	50	60,9	0,2	12,18		12,18
Г	50	1,6	5	50	69,9	0,2	22,37		22,37
								сумма	1329,73
<b>СтТ3-2</b>									
2'-15 В	25	2,75	23	32	20,7	0,2	11,39		11,39
Г	25	3,05	23	32	25,2	0,2	15,37	150	165,37
15-16 В	25	2,75	23	32	20,7	0,2	11,39		11,39
Г	25	3,05	23	32	25,2	0,2	15,37	150	165,37
16-17 В	32	2,75	23	32	25,1	0,2	13,81		13,81
Г	32	3,05	23	32	30,4	0,2	18,54	150	168,54
17-18 В	32	2,75	23	32	25,1	0,2	13,81		13,81
Г	32	3,05	23	32	30,4	0,2	18,54	150	168,54
18-19 В	32	2,75	23	32	25,1	0,2	13,81		13,81
Г	32	3,05	23	32	30,4	0,2	18,54	150	168,54
19-9 В	40	1,9	23	32	29,8	0,2	11,32		11,32
В	40	0,5	5	50	52,1	0,2	5,21		5,21
Г	40	3,05	23	32	35,7	0,2	21,78	150	171,78
Г	40	4,35	5	50	60,5	0,2	52,64		52,64
								сумма	1141,51
<b>СтТ3-3</b>									
3'-23 В	25	2,75	23	32	20,7	0,2	11,39		11,39
Г	25	3,05	23	32	25,2	0,2	15,37	150	165,37
23-24 В	25	2,75	23	32	20,7	0,2	11,39		11,39
Г	25	3,05	23	32	25,2	0,2	15,37	150	165,37
24-25 В	32	2,75	23	32	25,1	0,2	13,81		13,81
Г	32	3,05	23	32	30,4	0,2	18,54	150	168,54
25-26 В	32	2,75	23	32	25,1	0,2	13,81		13,81
Г	32	3,05	23	32	30,4	0,2	18,54	150	168,54
26-27 В	32	2,75	23	32	25,1	0,2	13,81		13,81
Г	32	3,05	23	32	30,4	0,2	18,54	150	168,54
27-28 В	40	1,9	23	32	29,8	0,2	11,32		11,32
В	40	0,5	5	50	52,1	0,2	5,21		5,21
Г	40	3,05	23	32	35,7	0,2	21,78	150	171,78
Г	40	4,35	5	50	60,5	0,2	52,64		52,64
28-10 Г	40	4,9	5	50	60,5	0,2	59,29		59,29
								сумма	1200,80



**Продолжение таблицы 1**

СтТЗ-4									
4'-32 В	25	2,75	23	32	20,7	0,2	11,39		11,39
Г	25	3,05	23	32	25,2	0,2	15,37	150	165,37
32-33 В	25	2,75	23	32	20,7	0,2	11,39		11,39
Г	25	3,05	23	32	25,2	0,2	15,37	150	165,37
33-34 В	32	2,75	23	32	25,1	0,2	13,81		13,81
Г	32	3,05	23	32	30,4	0,2	18,54	150	168,54
34-35 В	32	2,75	23	32	25,1	0,2	13,81		13,81
Г	32	3,05	23	32	30,4	0,2	18,54	150	168,54
35-36 В	32	2,75	23	32	25,1	0,2	13,81		13,81
Г	32	3,05	23	32	30,4	0,2	18,54	150	168,54
36-28 В	40	1,9	23	32	29,8	0,2	11,32		11,32
В	40	0,5	5	50	52,1	0,2	5,21		5,21
Г	40	3,05	23	32	35,7	0,2	21,78	150	171,78
Г	40	7,65	5	50	60,5	0,2	92,57		92,57
								сумма	1181,44

Также произвели расчет циркуляционного расхода [3]:

$$q^{\text{cir}} = \beta \cdot \frac{\Sigma Q^{\text{hl}}}{4,2 \cdot 10^3 \cdot \Delta t}$$

где  $\beta=1$  – коэффициент разрегулировки циркуляции;

$\Sigma Q^{\text{hl}}$  – суммарные теплотери теплопроводами системы, включая все полотносушители, Вт;

$\Delta t$  – разность температур в подающих теплопроводах системы от водонагревателя до наиболее удаленной водоразборной точки ( $\Delta t=10^\circ\text{C}$ );

$$q^{\text{cir}} = 1 \cdot \frac{1329,73 + 1141,51 + 1200,80 + 1181,44}{4,2 \cdot 1000 \cdot 10} = 0,116 \text{ л/с}$$

Распределение циркуляционного расхода воды по отдельным участкам и стоякам проводят пропорционально потерям теплоты в них методом экстраполяции.

Циркуляционный расход воды в стояке 1:

$$q_1^{\text{cir}} = q^{\text{cir}} \cdot \frac{Q_i^{\text{hl}}}{\Sigma Q^{\text{hl}}} = 0,116 \cdot \frac{1329,73}{4853,48} = 0,032 \text{ л/с}$$

Циркуляционный расход воды в стояке 2:

$$q_1^{\text{cir}} = q^{\text{cir}} \cdot \frac{Q_i^{\text{hl}}}{\Sigma Q^{\text{hl}}} = 0,116 \cdot \frac{1141,51}{4853,48} = 0,027 \text{ л/с}$$

Циркуляционный расход воды в стояке 3:

$$q_1^{\text{cir}} = q^{\text{cir}} \cdot \frac{Q_i^{\text{hl}}}{\Sigma Q^{\text{hl}}} = 0,116 \cdot \frac{1200,80}{4853,48} = 0,029 \text{ л/с}$$

#### Циркуляционный расход воды в стояке 4:

$$q_i^{\text{cir}} = q^{\text{cir}} \cdot \frac{Q_i^{\text{hl}}}{\sum Q^{\text{hl}}} = 0,116 \cdot \frac{1181,44}{4853,48} = 0,028 \text{ л / с}$$

Проверка:  $(0,032+0,027+0,029+0,028) = 0,116$  л/с. Невязка составляет 0%.

Таким образом, в связи с вышеперечисленными причинами к свойствам и температуре горячей воды предъявляются строгие требования, которые контролируются на государственном уровне. И именно как в приведенном выше примере, производят расчеты тепловых потерь теплопроводами и полотенцесушителями системы горячего водоснабжения для нахождения циркуляционного расхода воды при проектировании жилых домов.

#### **Список цитированных источников**

1. Достоинства и недостатки различных систем горячего водоснабжения / Е.И. Мельник, А.С. Рабчук, Т.В. Кухарчук. Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: Материалы научного семинара, Брест, БрГТУ, 21 марта 2020 года / Под ред. В.С. Северянина, В.Г. Новосельцева. – Брест: РУПЭ «Брестэнерго», 2020.
2. Новосельцев, В.Г. Лекционный курс по теплоснабжению. – Брест, 2019.
3. Новосельцев, В.Г. Методические указания для курсового проектирования по дисциплине «Теплоснабжение» на тему «Горячее водоснабжение жилого дома» / В.Г. Новосельцев, Д.В. Новосельцева. – Брест, 2016. – 40 с.

УДК 621.86/.87:697.9

**Мельник Е. И., Рабчук А. С.**

**Научные руководители: ст. преподаватель Бондарь А. В.,  
ст. преподаватель Михайлова Н. В.**

### **СОВРЕМЕННЫЕ ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ МОНТАЖЕ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ**

Наличие климатических систем – это очень важное условие для того, чтобы в помещениях было легко и комфортно находиться вне зависимости от их назначения. Как правило, в помещениях осуществляется монтаж систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Благодаря таким современным системам оптимальный и комфортный климат в помещениях поддерживается круглый год [2].

Чтобы монтаж таких климатических систем прошел удачно, нужно не только купить хорошее оборудование, но и правильно его смонтировать, а также произвести наладку.

Монтаж системы кондиционирования – это целый ряд мероприятий, которые связаны с повышенной опасностью. К таким работам относятся высотные и электрические работы, выполнение которых возможно только при наличии специально обученного персонала, а также необходимого оборудования и механизмов, т. к. это довольно трудоемкий процесс [3].

Способ монтажа воздухопроводов следует выбирать в зависимости от их положения (горизонтальное, вертикальное), размещения относительно конструкций (у стены, у колонн, в межферменном пространстве, в шахте, на

кровле здания) и характера здания (одно- или многоэтажное, промышленное, общественное и т. п.).

Монтаж металлических воздуховодов должен производиться, как правило, укрупненными блоками в следующей последовательности:

- разметка мест установки средств крепления воздуховодов;
- установка средств крепления;
- согласования со строителями мест расположения и способов крепления грузоподъемных средств;
- установка грузоподъемных средств;
- доставка к месту монтажа деталей воздуховодов;
- проверка комплектности и качества доставленных деталей воздуховодов;
- сборка деталей воздуховодов в укрупненные блоки;
- установка блока в проектное положение и закрепление его;
- установка заглушек на верхних торцах вертикальных воздуховодов, расположенных на высоте до 1,5 м от пола. Длина блока определяется размерами сечения и типом соединения воздуховодов, условиями монтажа и наличием грузоподъемных средств [5].

### ***Механизмы, которые применяются в типовых решениях***

При монтаже систем кондиционирования и вентиляции обычно использовали тали, лебедки, краны и погрузчики.

**Таль** – подвесное грузоподъемное устройство с ручным или механическим приводом, состоящее из подвижного и неподвижного блоков и основанного в их шкивах троса или металлической цепи.

При монтаже вентиляционного оборудования применяли ручные (барабанные и рычажные) и электрические барабанные лебедки грузоподъемностью 0,5-5 т.

**Лебедки** размещают так, чтобы с одного места можно было произвести наибольшее число простых и безопасных подъемов или перемещений грузов. С помощью двух лебедок можно производить одновременно вертикальное и горизонтальное перемещения груза. В этом случае обе лебедки должны иметь одинаковые скорости намотки каната на барабаны.

**Строповка вентиляционного оборудования и воздуховодов** — одна из самых ответственных операций при производстве такелажных работ. Стропы выбирают в зависимости от вида и массы поднимаемого груза и способа строповки.

Монтаж воздуховодов и оборудования на высоте производится с лесов и подмостей. При скоростных методах монтажа вместо лесов и подмостей применяют инвентарные подвесные монтажные площадки, позволяющие сэкономить на сборке и разборке лесов 40—45% рабочего времени [1].

### ***Современные механизмы***

Современным решением проблем, связанных с проведением такелажных работ, является использование ножничного гидравлического подъемника с рабочей платформой. Такое оборудование имеет большую мощность и способно поднимать груз массой до нескольких тонн. Подъемник оборудован площадкой, на которую загружается необходимый груз или поднимается персонал с необходимым оборудованием, для выполнения высотных фасадных, уборочных или наладочных работ.

Грузовая площадка может быть оборудована консолью, которая может выдвигаться на длину до 1 метра, благодаря чему площадь рабочей поверхности заметно увеличивается. Благодаря данному подъемнику производитель-

ность труда на предприятиях и строительных площадках, складах и торговых центрах увеличивается в разы.

Одно из достоинств ножничных подъемников состоит в том, что их можно эксплуатировать как в сложенном положении, так и в поднятом. Это очень удобное, компактное и многофункциональное устройство.

Ножничные подъемники бывают нескольких типов: стационарные, передвижные, самоходные.

#### *Ножничные подъемники стационарные:*

Данная модель подъемника работает как простое подъемное оборудование, в нем нет ходового механизма, а значит, и надежность становится выше. Не каждое производство может позволить себе установку грузовых лифтов и стационарного грузоподъемного оборудования в складских помещениях или производственных цехах, а работа стационарного подъемника обеспечивает эффективную и экономичную доставку необходимых материалов и техники на высоту двух-трех этажей. Плюс подъемник не нуждается в дополнительном крепеже.

Стационарные ножничные подъемники могут поднимать груз на высоту до 20 метров массой от 400 до 5000 кг. Габариты грузовой площадки могут быть разными, все зависит от модификации подъемного оборудования. Стационарные ножничные подъемники оборудованы опорной рамой. Металлоконструкции подъемника изготавливаются из прочной и жесткой профильной трубы. Питание осуществляется от внешней электросети. Приводы устройства – электромеханический или электрогидравлический.

#### *Ножничные подъемники передвижные:*

Само понятие “передвижные” объясняет, что данную модель можно передвигать. Для этого на них устанавливаются ходовые колеса, затем сцепкой крепят к грузовому или легковому автомобилю и буксируют на необходимый объект. А уж на самой стройплощадке или внутри его могут транспортировать вручную.

Он очень мобилен за счет небольших размеров и удобен в эксплуатации. Когда грузовая платформа находится в сложенном состоянии, то легко пройдет даже через дверной проем. У данной категории гидравлических столов отличная грузоподъемность – от 200 до 1500 кг. Им под силу поднимать груз на высоту до 20 метров, а в некоторых моделях и более. На рабочей площадке одновременно может работать несколько человек, не мешая друг другу. Механизм подъема груза работает от электромеханического или электрогидравлического привода, а питание осуществляется аккумуляторными батареями или от электрической сети 220 В. На данных моделях предусмотрены:

- система контроля нагрузки (при перегрузе происходит автоматическое отключение);
- система аварийного спуска (при аварийном отключении питания);
- ограничитель высоты;
- клапан предохранительный для экстренной остановки работы (разрыв шланга);
- клапан расходный (плавность хода);
- выдвижные аутригеры для надежной устойчивости.

#### *Ножничные подъемники самоходные:*

Такой тип оборудования подразделяется на дизельные и электрические.

#### *Электрические ножничные самоходные подъемники:*

Электрические подъемники передвигаются с помощью электромотора. Работают от двигателя внутреннего сгорания или аккумуляторных батарей. Работоспособность на аккумуляторных батареях без перерыва до 12 часов.

Подъемники на аккумуляторных батареях чаще всего применяются в складских и производственных помещениях. Удобны для осуществления ремонта, проверки вентиляционных и осветительных систем, а также при эксплуатационных работах систем сигнализации и связи. Могут поднимать груз на высоту до 20 м.

#### *Дизельные ножничные самоходные подъемники*

Это большая (длина до 5,5 метров, ширина до 2,2 метра), но маневренная техника. Подъемник располагает большой грузовой площадкой, где одновременно может трудиться до 7 человек. На грузовой площадке расположены одна (две) консоли, которые выдвигаются и снабжены функцией смещения, что позволяет выполнять большой объем работ [4].

Эти машины всегда пригодятся при проведении наружных работ. С их помощью удобно выполнять строительные и отделочные работы, устанавливать какие-либо металлоконструкции. Работы, как правило, можно проводить на высоте до 20-25 метров. А грузоподъемность данной техники, как правило, составляет от 200 до 2000 кг.

Чтобы определить, насколько целесообразно применение современных грузоподъемных машин и механизмов при монтаже систем кондиционирования и вентиляции, нами будет проведен технико-экономический анализ.

#### **Список цитированных источников**

1. Краснов, В.И. Монтаж систем кондиционирования и вентиляции: Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2019. – 224 с.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.klimatedi.by/uslugi/montag-ventiliacii-i-konditsionerov](http://www.klimatedi.by/uslugi/montag-ventiliacii-i-konditsionerov).
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.system-p.ru/article3](http://www.system-p.ru/article3).
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.primamedia.ru/news/27.06.2016/-kak-vybrat-stroitelnyj-nozhnichnyj-podjemnik.html](http://www.primamedia.ru/news/27.06.2016/-kak-vybrat-stroitelnyj-nozhnichnyj-podjemnik.html).
5. Бурцев, С.И. Монтаж, эксплуатация и сервис систем кондиционирования воздуха / С.И. Бурцев, А.В. Блинов [и др.]. – Профессия, 2005. – 376 с.

УДК [691.535:693.554]:666.193.2

**Пархоць А. В.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Сальникова С. Р.**

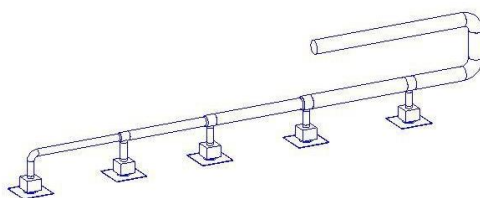
## **ТЕХНИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВОЗДУХОВОДОВ С ТЕКСТИЛЬНЫМИ В ПРОГРАММЕ REVIT**

Применение металлических воздуховодов довольно распространено, так как они соответствуют многим требованиям потребителей, в то время как текстильные воздуховоды только набирают популярность, и довольно активно. Мы решили сравнить на практике, какой из видов более эффективен.

Для данного эксперимента используется здание кафе, в котором разместили сначала приточную установку из металлических воздуховодов, а потом – из текстильных.

В каждой из систем в начале будет стоять приточная установка.

При помощи программы Revit начертили системы.



**Рисунок 1 – 3D-вид системы из металлических воздуховодов**  
 После этого произвели расчет сечений и балансировку данной системы.

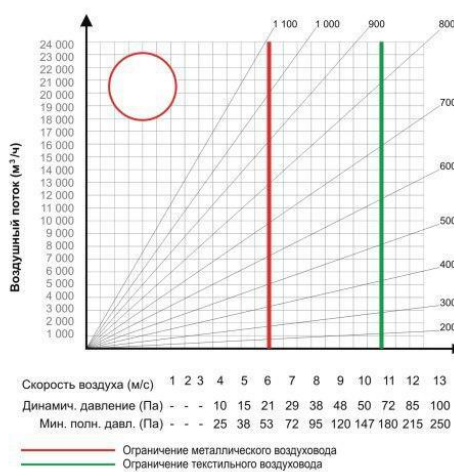
Информация о проекте		Отчет - балансировка воздуховодов	
Название проекта:	Наименование проекта	Номер проекта:	0001
Адрес проекта:	Укажите адрес	Заказчик:	Владелец
Дата выпуска проекта:	Дата выпуска	Название организации:	
Описание организации:		Автор:	
Версия ПО:	MagiCAD для Revit 2018.4 UR-1	Дата расчетов:	12.01.2020 19:37
Данные расчетов проекта		Суммарный расход:	1328 л/с
Системы:	-		
Общее давление:	66 Па		
Вводные значения расчетов			
Плотность воздуха:	1.20 kg/m <sup>3</sup>	Динамическая вязкость воздуха:	0.00001813 Pas
Мин. оп на ВРУ:	10.0 Па	Расчетное значение давления ба:	По вентилятору
Допустимая невязка предупрежде:	0 %		

**Рисунок 2 – Результат балансировки системы**

Получили общие потери давления 66 Па.

Далее приступаем к расчёту текстильных воздуховодов, руководствуясь диаграммой, представленной ниже.

**ВЫБОР ДИАМЕТРА ДЛЯ ВОЗДУХОВОДА КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ**



**Рисунок 3 – Диаграмма для подбора диаметра воздуховода круглого сечения**

Принимаем рекомендуемую скорость текстильных воздуховодов 10 м/с. Расход воздуха, необходимого для подачи в помещение равен 900 м<sup>3</sup>/ч. Из диаграммы видно, что диаметр текстильного воздуховода 300 мм и динамическое давление на 1 м воздуховода составляет 50 Па. Так как длина нашей системы 6 м, то суммарное динамическое давление, которое должен обеспечить вентилятор, составляет 300 Па.

**Вывод:** в ходе изучения работы о сравнении технических характеристик металлических воздуховодов с текстильными получили, что, так как давление в системе с металлическими воздуховодами небольшое, следовательно, для работы такой системы необходим вентилятор меньшей мощности, чем для

системы с текстильными воздуховодами. Однако первая система сложнее в монтаже, обслуживании, подвержена коррозии, имеет больший вес и с экономической точки зрения получится намного дороже второй.

#### **Список цитированных источников**

1. Альтера Климат. Текстильные воздуховоды – Владимир, 2016.
2. Alvaris Prihoda, Текстильные воздуховоды и воздухораспределители – Новополюцк, 2015.
3. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. проф. Б.М. Хрусталёва – Москва, 2007.

УДК [691.535:693.554]:666.193.2

**Рабчук А. С.**

**Научный руководитель: доцент, к.т.н. Новосельцева Д. В.**

### **ВЛИЯНИЕ ЗАМЕНЫ ПОЛОТЕНЦЕСУШИТЕЛЕЙ НА ТЕМПЕРАТУРУ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ В ТОЧКЕ ВОДРАЗБОРА В ПОСЕКЦИОННО ЗАКОЛЬЦОВАННОЙ СИСТЕМЕ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

В настоящее время существует такая проблема, что жильцы многоквартирных домов меняют в своих квартирах полотенцесушители, запроектированные изначально, по разным соображениям. Это могут быть и желание поставить более мощный полотенцесушитель, с которым в ванной комнате станет более комфортная температура, и желание заменить полотенцесушитель на современный, более красивый. При этом жильцы не задумываются о том, что замена полотенцесушителя может повлиять на работу системы горячего водоснабжения и её эффективность.

В нашей научно-исследовательской работе мы решили проанализировать, как будет влиять замена полотенцесушителей некоторыми жильцами в секционно закольцованной системе горячего водоснабжения с полотенцесушителями на подающих стояках.

Для сравнения взяли стояк № 1 (см. статью «Требования, предъявляемые к воде в системе горячего водоснабжения»/Рабчук А.С.) и заменили полотенцесушитель на более мощный:  $Q_{п}=150$  Вт на  $Q_{п}=200$  Вт. Сначала на первом этаже, затем на первом и третьем, а потом на первом, третьем и пятом.

Затем, используя найденные значения тепловых потерь в каждом случае, вычислили разность температур в подающих теплопроводах системы от водонагревателя до наиболее удаленной водоразборной точки по формуле [1]:

$$\Delta t = \beta \cdot \frac{\Sigma Q^{hl}}{4,2 \cdot 10^3 \cdot q^{cir}} ;$$

где  $\beta=1$  – коэффициент разрегулировки циркуляции;

$\Sigma Q^{hl}$  – суммарные теплотери теплопроводами системы, включая все полотенцесушители, Вт;

$\Delta t$  – разность температур в подающих теплопроводах системы от водонагревателя до наиболее удаленной водоразборной точки;

$q^{cir}$  – циркуляционный расход воды в стояке № 1,  $q^{cir}=0,032$  л/с.

Расчеты произвели в программе Excel, результаты расчетов свели в табл.1,2,3.

**Таблица 1 – Расчет стояка № 1 с заменой полотенцесушителей 1-го этажа**

№ участка	наружный диаметр трубопровода dn, мм	длина участка l, м	температура окружающей среды t <sub>0</sub> , °C	t <sup>h</sup> <sub>m</sub> -t <sub>0</sub> , °C	удельные потери q <sup>ht</sup> , Вт/м	1-η	потери теплоты стояков Q <sup>ht</sup> , Вт	потери теплоты полотенцесушителя Q <sub>n</sub> , Вт	суммарные теплопотери стояков и полотенцесушителя ΣQ <sup>ht</sup> , Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
СтТ3-1									
1'-4 В	25	2,75	23	32	20,7	0,2	11,385		11,385
Г	25	3,05	23	32	25,2	0,2	15,372	150	165,372
4-5 В	25	2,75	23	32	20,7	0,2	11,385		11,385
Г	25	3,05	23	32	25,2	0,2	15,372	150	165,372
5-6 В	32	2,75	23	32	25,1	0,2	13,805		13,805
Г	32	3,05	23	32	30,4	0,2	18,544	150	168,544
6-7 В	32	2,75	23	32	25,1	0,2	13,805		13,805
Г	32	3,05	23	32	30,4	0,2	18,544	150	168,544
7-8 В	32	2,75	23	32	25,1	0,2	13,805		13,805
Г	32	3,05	23	32	30,4	0,2	18,544	150	168,544
8-9 В	40	1,9	23	32	29,8	0,2	11,324		11,324
В	40	0,5	5	50	52,1	0,2	5,21		5,210
Г	40	3,05	23	32	35,7	0,2	21,777	200	221,777
Г	40	7,75	5	50	60,5	0,2	93,775		93,775
9-10 Г	40	9,3	5	50	60,5	0,2	112,53		112,530
10-11 В	50	1	5	50	60,9	0,2	12,18		12,180
Г	50	1,6	5	50	69,9	0,2	22,368		22,368
								□□	1379,725
								□□	10,266

**Таблица 2 – Расчет стояка № 1 с заменой полотенцесушителей 1-го и 3-го этажей**

№ участка	наружный диаметр трубопровода dn, мм	длина участка l, м	температура окружающей среды t <sub>0</sub> , °C	t <sup>h</sup> <sub>m</sub> -t <sub>0</sub> , °C	удельные потери q <sup>ht</sup> , Вт/м	1-η	потери теплоты стояков Q <sup>ht</sup> , Вт	потери теплоты полотенцесушителя Q <sub>n</sub> , Вт	суммарные теплопотери стояков и полотенцесушителя ΣQ <sup>ht</sup> , Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
СтТ3-1									
1'-4 В	25	2,75	23	32	20,7	0,2	11,385		11,385
Г	25	3,05	23	32	25,2	0,2	15,372	150	165,372
4-5 В	25	2,75	23	32	20,7	0,2	11,385		11,385
Г	25	3,05	23	32	25,2	0,2	15,372	150	165,372
5-6 В	32	2,75	23	32	25,1	0,2	13,805		13,805



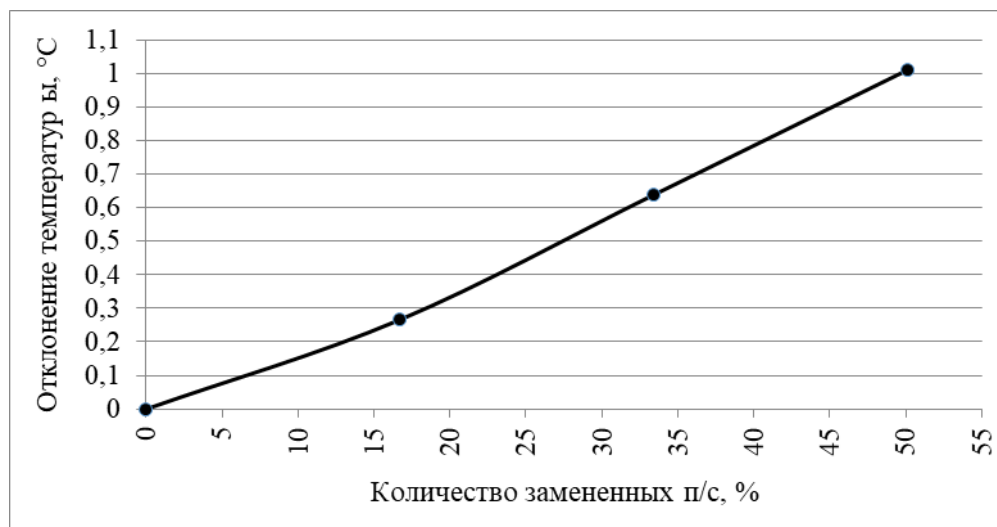
**Продолжение таблицы 2**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Г	32	3,05	23	32	30,4	0,2	18,544	150	168,544
6-7 В	32	2,75	23	32	25,1	0,2	13,805		13,805
Г	32	3,05	23	32	30,4	0,2	18,544	200	218,544
7-8 В	32	2,75	23	32	25,1	0,2	13,805		13,805
Г	32	3,05	23	32	30,4	0,2	18,544	150	168,544
8-9 В	40	1,9	23	32	29,8	0,2	11,324		11,324
В	40	0,5	5	50	52,1	0,2	5,21		5,210
Г	40	3,05	23	32	35,7	0,2	21,777	200	221,777
Г	40	7,75	5	50	60,5	0,2	93,775		93,775
9-10 Г	40	9,3	5	50	60,5	0,2	112,53		112,530
10-11 В	50	1	5	50	60,9	0,2	12,18		12,180
Г	50	1,6	5	50	69,9	0,2	22,368		22,368
								□□	1429,725
								□□	10,638

**Таблица 3 – Расчет стояка № 1 с заменой полотенцесушителей 1-го, 3-го и 5-го этажей**

№ участка	наружный диаметр трубопровода dn, мм	длина участка l, м	температура окружающей среды t0, °C	t <sup>h</sup> <sub>m</sub> -t <sub>0</sub> , °C	удельные потери q <sup>h</sup> , Вт/м	1-η	потери теплоты стояков Q <sup>h</sup> , Вт	потери теплоты полотенцесушителя Qп, Вт	суммарные теплопотери стояков и полотенцесушителя ΣQ <sup>h</sup> , Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
СтТ3-1									
1'-4 В	25	2,75	23	32	20,7	0,2	11,385		11,385
Г	25	3,05	23	32	25,2	0,2	15,372	150	165,372
4-5 В	25	2,75	23	32	20,7	0,2	11,385		11,385
Г	25	3,05	23	32	25,2	0,2	15,372	200	215,372
5-6 В	32	2,75	23	32	25,1	0,2	13,805		13,805
Г	32	3,05	23	32	30,4	0,2	18,544	150	168,544
6-7 В	32	2,75	23	32	25,1	0,2	13,805		13,805
Г	32	3,05	23	32	30,4	0,2	18,544	200	218,544
7-8 В	32	2,75	23	32	25,1	0,2	13,805		13,805
Г	32	3,05	23	32	30,4	0,2	18,544	150	168,544
8-9 В	40	1,9	23	32	29,8	0,2	11,324		11,324
В	40	0,5	5	50	52,1	0,2	5,21		5,210
Г	40	3,05	23	32	35,7	0,2	21,777	200	221,777
Г	40	7,75	5	50	60,5	0,2	93,775		93,775
9-10 Г	40	9,3	5	50	60,5	0,2	112,53		112,530
10-11 В	50	1	5	50	60,9	0,2	12,18		12,180
Г	50	1,6	5	50	69,9	0,2	22,368		22,368
								□□	1479,725
								□□	11,010

Результаты представили в виде графика зависимости отклонения температуры (от принятых 10°C) от процентного соотношения замененных полотенцесушителей (рис.1).



**Рисунок 1 – График**

Из сравнения видим, что при замене 50 % полотенцесушителей, установленных при строительстве здания, на более мощные температура горячей воды в наиболее удаленной точке водоразбора упадет на 1°C. Т. е. если изначально предполагается, что температура в подающем теплопроводе 55°C, то на самом верхнем этаже у водоразбора она будет равна 54°C.

#### **Список цитированных источников**

1. Новосельцев, В.Г. Методические указания для курсового проектирования по дисциплине «Теплоснабжение» на тему «Горячее водоснабжение жилого дома» / В.Г. Новосельцев, Д.В. Новосельцева. – Брест, 2016 – 40 с.
2. Новосельцев, В.Г. Лекционный курс по теплоснабжению. – Брест, 2019.
3. Экономическое сравнение двух систем горячего водоснабжения здания: посекционно закольцованной с дополнительным циркуляционным стояком и с полотенцесушителями на циркуляционных стояках / Е.И. Мельник, А.С. Рабчук, Т.В. Кухарчук // Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: материалы научного семинара, Брест, БрГТУ, 21 марта 2020 года / Под ред. В.С. Северянина, В.Г. Новосельцева. – Брест: РУПЭ «Брестэнерго», 2020.

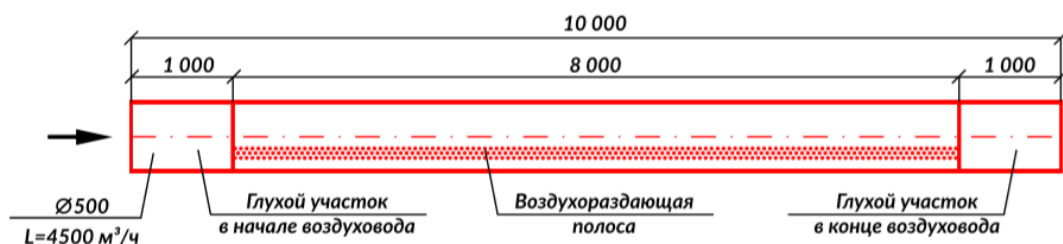
УДК [691.535:693.554]:666.193.2

**Рогальский Д. А.**

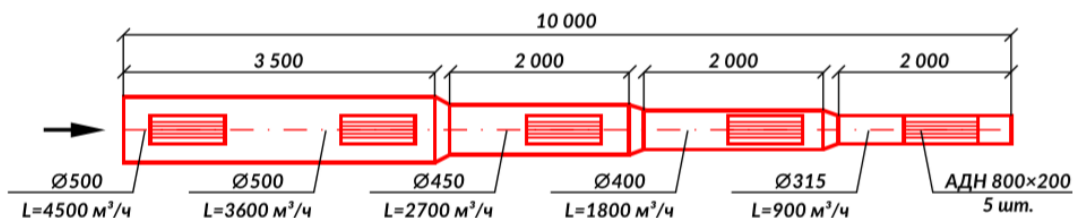
**Научный руководитель: ст. преподаватель Сальникова С. Р.**

### **ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВОЗДУХОВОДОВ С ТЕКСТИЛЬНЫМИ**

Применение металлических воздуховодов довольно распространено, так как они соответствуют многим требованиям потребителей, в то время как текстильные воздуховоды только набирают популярность, и довольно активно. Мы решили сравнить, какой из видов наиболее экономичен.



**Рисунок 1 – текстильный воздуховод**



**Рисунок 2 – Воздуховод из оцинкованной стали**

Исходя из взятых данных, можно составить таблицу 1 экономического сравнения воздуховодов из оцинкованной стали и текстиля.

**Таблица 1 – Экономическое сравнение текстильных и металлических воздуховодов**

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Цена за ед., с учётом НДС 20%, бел.руб.	Стоимость с учётом НДС 20%, бел.руб.
<b>Текстильный воздуховод 4500 м<sup>3</sup>/ч</b>					
1	Текстильный воздуховод Ø500 с двуполосной раздачей	м	10	42,16	421,6
2	Расходные и крепежные материалы (6 комплектов креплений к перекрытию, 1 комплект креплений к стене, 10 м троса)			97,03	97,03
<b>Итого оборудование и материалы:</b>					518,63
СМР (30% от стоимости оборудования и расходных материалов без учёта транспортных расходов)					155,62
<b>Всего:</b>					674,25
<b>Воздуховод из оцинкованной стали 4500 м<sup>3</sup>/ч</b>					
1	Решетка приточная АДН 800x200	шт	5	59,86	299,3
2	Воздуховод из стали оцинкованной Ø500	м	3,5	47,77	167,19
3	Воздуховод из стали оцинкованной Ø450	м	2	36,39	79,78
4	Воздуховод из стали оцинкованной Ø400	м	2	32,33	64,66
5	Воздуховод из стали оцинкованной Ø315	м	2	20,83	41,66
6	Врезка под решетку 800x200 в Ø500	шт	2	19,44	38,88
7	Врезка под решетку 800x200 в Ø450	шт	1	19,75	19,75
8	Врезка под решетку 800x200 в Ø400	шт	1	20,21	20,21
9	Врезка под решетку 800x200 в Ø315	шт	1	21,27	21,27
10	Ниппель Ø500	шт	1	6,05	6,05
11	Переход Ø500/ Ø450	шт	1	16,49	16,49

### Продолжение таблицы 1

Воздуховод из оцинкованной стали 4500 м <sup>3</sup> /ч					
12	Переход Ø450/ Ø400	шт	1	14,76	14,76
13	Переход Ø400/ Ø315	шт	1	13,58	13,58
14	Заглушка Ø315	шт	1	5,58	5,58
15	Расходные материалы, крепёж (10 % от стоимости оборудования)			80,29	80,29
<b>Итого оборудование и материалы:</b>					889,45
СМР (50 % от стоимости оборудования и расходных материалов без учёта транспортных расходов)					444,73
<b>Всего:</b>					1334,18

*Вывод:* в ходе изучения работы о сравнении экономических данных металлических воздуховодов с текстильными получили, что использование вторых экономичней примерно на 50 %.

#### Список цитированных источников

1. Альтера Климат. Текстильные воздуховоды – Владимир, 2016.
2. Alvaris Prihoda, Текстильные воздуховоды и воздухораспределители – Новополец, 2015.
3. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. проф. Б.М. Хрусталёва – Москва, 2007.

УДК 621.65

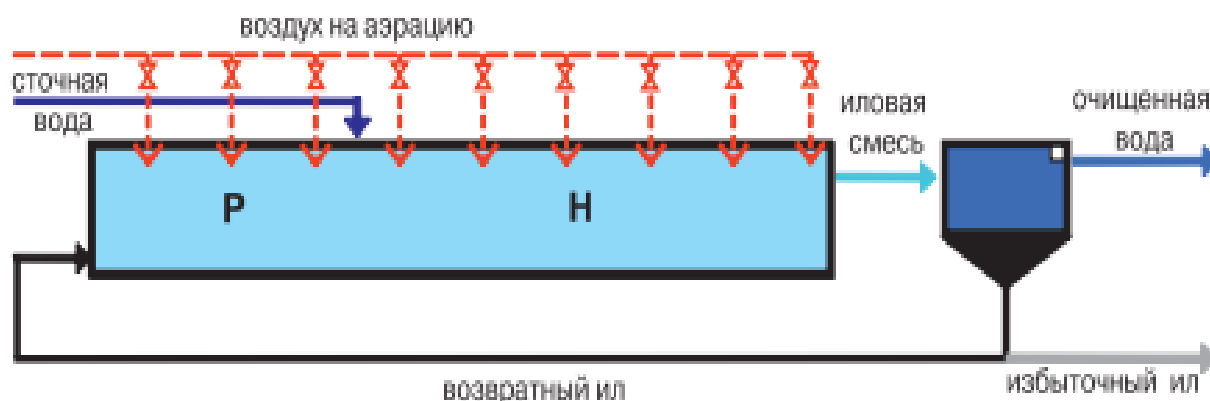
**Самусик А. А.**

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

### РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ НИТРИ-ДЕНИТРИФИКАЦИИ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕФОСФАЦИИ ПО ЙОХАННЕСБУРГСКОМУ ПРОЦЕССУ

Модернизация Брестских городских очистных сооружений (БрГОС) по Йоханнесбургскому процессу (JNB) позволит повысить эффективность очистки сточных вод и энергоэффективность работы очистных сооружений, обеспечит требования установленного норматива ПДС, а также приведет к замене изношенного технологического оборудования и восстановлению строительных конструкций и сооружений.

При проектировании, строительстве и введении в эксплуатацию в 1969 году Брестских городских очистных сооружений была реализована типовая схема очистки сточных вод: механическая очистка на решетках, песколовках и первичных отстойниках и биологическая очистка в системе аэротенк–вторичный отстойник. Однако, как показало время, режим аэробной биологической очистки (рис. 1) не позволяет обеспечивать эффективную очистку по соединениям азота и фосфора [1] и создает в городе неблагоприятную осмофорную экологическую обстановку.



*Р – регенератор (аэробные условия);  
 Н – зона нитрификации (аэробные условия)*  
**Рисунок 1 – Принципиальная схема работы биологической  
 очистки «аэротенк-вторичный отстойник»**

Поэтому модернизация существующих аэротенков БрГОС с реализацией технологии глубокой очистки от азота и фосфора, известной как технология «нитри-денитрификации и биологической дефосфотации по Йоханнесбургскому процессу» является особенно актуальной для города Бреста задачей. Указанная биотехнология может совмещаться с традиционной очисткой в аэротенках путем создания в них наряду с аэробными зонами дополнительных анаэробных и анаэробных зон. Помимо решения задачи эффективного удаления органических веществ, соединений азота и фосфора, реализация технологии нитри-денитрификации и биологической дефосфотации позволит повысить энергоэффективность работы БрГОС, т. к. в этом случае часть органических веществ исходной сточной воды будет окисляться не кислородом воздуха (нагнетается воздуходувными агрегатами), а химически связанным кислородом (входящим в состав нитратов).

Конфигурация новых аэротенков БрГОУ, основанная на Йоханнесбургском процессе, должна обеспечить удаление фосфора и азота биологическим способом.

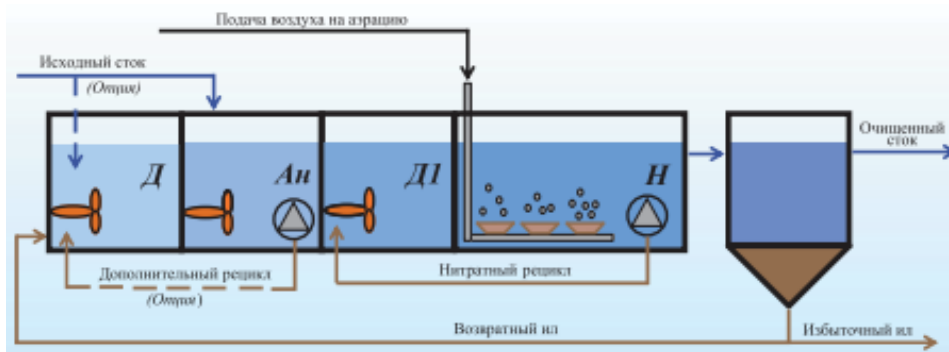
Технологией предусмотрено разделение аэротенка на четыре функциональных зоны (рис. 2):

- анаэробная зона (Ан), в которой происходит высвобождение биологически связанного фосфора. Присутствие свободного кислорода или нитратов не допускается. В таких зонах проводится механическое перемешивание;

- аноксидные зоны (Д) с установленными мешалками, в которых азот нитратов разлагается с образованием газообразного азота, и органический углерод окисляется нитратами;

- аэробные зоны (Д1), в которых азот аммонийный окисляется с образованием нитратов, а органический углерод разлагается до  $CO_2$ . Эти зоны аэрируются;

- зона дегазации (Н), в которой из активного ила выделяется свободный кислород перед его возвратом в аноксидную зону и переливом на вторичные отстойники. При этом уменьшается риск выноса свободного кислорода в аноксидную зону и улучшаются характеристики осаждения осадка во вторичных отстойниках. В этой зоне проводится механическое перемешивание.



*Ан – анаэробная зона, Д, Д1 – зона денитрификации, Н – зона нитрификации*  
**Рисунок 2 – Йоханнесбургский процесс (JNB)**

Анаэробная зона в Йоханнесбургском процессе дополнительно защищена путем введения денитрификатора возвратного ила, располагаемого перед анаэробной зоной. В JNB-процессе в зону денитрификации поступает только возвратный ил, при этом денитрификация проходит медленно в условиях эндогенного дыхания. Эффективность удаления нитратов в основном достигается за счет более высокой дозы ила в возврате по сравнению с дозой ила в аэротенке. Модификации этого процесса заключаются в подаче части сточной воды в денитрификатор или организации рецикла иловой смеси в денитрификатор после анаэробной зоны. Смысл подачи части воды в денитрификатор возвратного ила заключается в том, что для процесса удаления фосфора в анаэробной зоне используется только легкоокисляемая органика (около 30 % ХПК), а для процесса денитрификации может использоваться вся биоокисляемая часть ХПК (около 70 %). Т. е., направляя часть стока в денитрификатор, используется максимум потенциала имеющихся в стоке органических веществ для денитрификации, а легкоокисляемая органика, содержащаяся в стоке, направляемым в анаэробную зону, используется для роста фосфат-аккумуляторов. Целевой функцией контроля поддержания анаэробных условий в процессе JNB является низкая концентрация азота нитратов в денитрификаторе ила [2].

Аноксидные условия создаются заменой аэрации на механическое перемешивание, обеспечивающее поддержание активного ила во взвешенном состоянии. Однако для многих действующих очистных сооружений реконструкция аэротенков с заменой аэрации на механическое перемешивание требует значительных капитальных затрат, связанных с большим объемом строительно-монтажных работ и высокой стоимостью перемешивающих устройств. Альтернативный подход состоит в создании аноксидных условий в аэротенке за счет низкой (минимально допустимой для предотвращения осаждения активного ила) интенсивности аэрации.

Таким образом, внедряемая технология нитри-денитрификации и биологической дефосфотации позволит обеспечить действующий норматив на сброс по соединениям азота и фосфора, а, с другой, проводимая модернизация БрГОС снизит загрязненность воздушного бассейна города.

#### **Список цитированных источников**

1. Мишуков, Б.Г. Расчет и подбор аэрационного и перемешивающего оборудования для биологической очистки сточных вод: учебное пособие / Б.Г. Мишуков, Е.А. Соловьева; СПб. гос. арх.-строит. ун-т СПб., 2007. – 40 с.
2. Ким, В.С. Оптимизация подачи воздуха в аэротенк как основа повышения энергоэффективности работы КОС / В.С. Ким, Н.Ю. Большаков // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2016/2 (98). – С. 56–64.

УДК 626.876.1(476)

*Середа М. С., Евмененко А. Ю.*

*Научные руководители: к.т.н., доцент Стельмашук С. С.;  
ст. преподаватель Дашкевич Д. Н.*

## ПЛАНИРОВКА ПОВЕРХНОСТИ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Почвы в Республике Беларусь являются основным национальным природным богатством, от эффективности использования и плодородия которых во многом зависит социально-экономическое благополучие и экологическая ситуация в стране. Количество плодородных земель в Беларуси увеличилось во время проведения крупномасштабных мелиораций. Площадь осушенных земель составляет 3410,4 тыс. га, или 16,4 процента от площади страны, из них сельскохозяйственных – 2880,4 тыс. га, лесных – 311,2 тыс. га [1]. Торфяники относятся к категории исчерпаемых и не возобновляемых почвенно-геологических образований, поэтому различные культуртехнические и агро-мелиоративные мероприятия, повышающие плодородие, должны выполняться в полном соотношении с характером органогенного происхождения и специфики необратимых процессов, происходящем в торфе в результате осушения. Особого внимания к себе требует Белорусское Полесье, где мелиорации подвергаются массивы со сложным почвенным покровом. Последний, как правило, состоит из 4-5 типов гидроморфных и полугидроморфных почв с естественным уровнем плодородия от 20 до 80 баллов. Отметки поверхности в пределах поля севооборота колеблется от 0,5 до 2,0 м и более.

Однако, в последнее десятилетие, в Республике Беларусь, как и в большинстве стран мира, фиксируются аномальные метеорологические явления в виде повышения температуры и испарения, влияющие на водность рек и запасы влаги в почве [2, 3, 4]. Эти явления в совокупности с неудовлетворительным техническим состоянием полей мелиоративных систем снижают урожайность сельскохозяйственных культур. Выраженный микрорельеф, высокая расчлененность и контрастность почвенного покрова снижают продуктивность мелиорируемых земель: семена заделываются неравномерно, а в понижениях из-за переувлажнения наблюдаются вымочки возделываемых культур. При этом возрастает засоренность посевов, уменьшается производительность сельскохозяйственной техники, что приводит к затягиванию сроков выполнения полевых работ и снижению урожая. Кроме того, систематическая дренажная сеть способствует переосушке песчаных и супесчаных почв минеральных «островков», что отрицательно сказывается на их продуктивности. Регулирование же водного режима шлюзованием или дождеванием здесь также затруднено [5].

Поэтому при реконструкции мелиоративных систем в проектах необходимо применять различные схемы планировки поверхности, которые позволяют значительно улучшить качество полива сельскохозяйственных культур, повысить качество сельскохозяйственных работ (вспашка, посев, уход, уборка) и эффективность использования сельскохозяйственных машин; повысить эффективность внесенных удобрений. Все это в конечном итоге повышает до 1,5 раза урожай сельскохозяйственных культур, снижает себестоимость их продукции.

**Цель исследований** – дать оценку влияния планировочных работ и выравнивания поверхности осушаемых заболоченных массивов со сложной поч-

венной структурой на их продуктивность в зависимости от изменений водно-физических свойств почв.

**Объект исследования.** Полевые опыты проводились на осушаемом участке объекта «Осиповка» Малоритского района Брестской области. На этом участке изучалась динамика поверхности и уровней грунтовых вод, основные свойства почв, подвергнутых капитальной планировке, урожай и его качество [6].

Почвенный покров опытного участка представлен сочетанием трех типов полугидроморфных и гидроморфных почв: дерновых заболоченных, дерново-карбонатных заболоченных и торфяно-болотных. Мощность торфяного слоя колеблется от 30 до 100 см. На опытном участке насчитывалось восемь контуров минеральных повышений площадью от 0,036 до 1,49 га различной конфигурации, они составили 13,71 % общей площади участка. Исходный рельеф участка характеризовался высотой минеральных выклиниваний до 50...96 см от уровня торфяника и значительными частными уклонами поверхности в пределах 0,011...0,41 (таблица 1).

**Таблица 1 – Характеристика исходной поверхности вариантов планировки опытного участка**

Показатель	Планировка с применением скрепера	Планировка с применением бульдозера	Выборочная планировка	Выравнивание длиннобазовым планировщиком	Контроль (без планировки)
1	2	3	4	5	6
Общая площадь, га	1,22	1,22	0,61	0,91	1,67
Занятость площади под выклиниваниями, %	44,67	30,24	34,42	39,83	13,71
Уклоны поверхности	0,0033... 0,041	0,0025... 0,011	0,007... 0,032	0,0026... 0,015	0,0096... 0,019
Колебания отметок, см	45	40	35	18	45
Среднеквадратическое отклонение высот, см	35,6	32,5	26,3	36,8	20,3

### **Результаты исследований**

Планировка и выравнивание поверхности проводилась с использованием серийно выпускаемых мелиоративно-строительных машин по следующим схемам [7]:

- 1) снятие растительного слоя + разработка и перемещение минерального грунта скрепером + возвращение растительного слоя + выравнивание поверхности;
- 2) снятие растительного слоя + срезка повышений бульдозером + возвращение растительного слоя + выравнивание поверхности;
- 3) глубокая вспашка + выборочная срезка повышений + выравнивание;
- 4) выравнивание длиннобазовым планировщиком.

На контрольном участке была проведена только первичная обработка болотного массива.

Годы исследований существенно различались по погодным условиям. Вегетационный период первого года по осадкам был сухим (количество осадков со-



ставило 320 мм, обеспеченность 80%); второй год – влажный (осадки 517 мм, обеспеченность 17%); третий – среднезасушливый (осадки 363 мм, обеспеченность 65%); четвертый – средневлажный (осадки 455 мм, обеспеченность 35).

Исследования показали, что микрорельеф создаёт пестроту почвенного плодородия и усиливает колебания урожая по годам и участкам поля. Основным показателем эффективности мелиоративных мероприятий является повышение урожайности сельскохозяйственных культур (таблица 2).

**Таблица 2 – Средняя урожайность сельскохозяйственных культур на опытном участке за четыре года исследований**

Схема планировки	Урожайность, тыс. корм. ед./га	Отношение к контролю	
		Абсолютная прибавка	%
1	2	3	4
Планировка бульдозером на основных технологических операциях	3,47	1,03	142,2
Выравнивание длиннобазовым планировщиком	2,61	0,17	106,9
Планировка скрепером на основных технологических операциях	2,65	0,21	108,6
Выборочная планировка	2,60	0,16	106,5
Контроль	2,44	-	100,0

Как видно из таблицы 2, проведение планировочных работ увеличивает урожайность сельскохозяйственных культур в пределах от 7% до 42 % относительно осушенных земель с естественным микрорельефом.

Лучшее качество поверхности наблюдалось в вариантах с использованием бульдозера и скрепера в качестве ведущих механизмов на основных технологических операциях. Однако и в этом случае через год после проведения планировки, и в последующие годы необходимо эксплуатационное выравнивание поверхности, что связано с осадкой торфа.

На участках с колебанием отметок рельефа в пределах 20 см рекомендуется выравнивание длиннобазовым планировщиком. Использование его на основной операции по срезке-засыпке минеральных повышений до 55 см при четырех, шести, восьми и более проходах не даёт удовлетворительных результатов без проведения дополнительных мероприятий с применением землеройно-транспортных машин.

Планировка поверхности обусловила повышение урожайности возделываемых культур. Выгодно выделяется здесь вариант с использованием бульдозера на основных операциях. Продуктивность звена севооборота ( вико-овсяная смесь, озимая пшеница, многолетние травы) в среднем за четыре года возросла по этой технологии на 1,7 т/га к.е. Применение скрепера и выборочная планировка оказались менее эффективны. Наименьшая прибавка урожая по сравнению с контрольным участком наблюдалась по схеме выравнивания поверхности длиннобазовым планировщиком.

Планировка поверхности мелиорируемых массивов с комплексом почв показала высокий экономический эффект возврата капитальных вложений в мелиорацию и реконструкцию земель. При этом уровень рентабельности в варианте с применением бульдозера на основных операциях составил 135%, а при применении длиннобазового планировщика при трех его проходах – 126%.

Однако одна планировка без дополнительных агротехнических мероприятий усиливает пестроту плодородия, что объясняется главным образом снижением содержания органического вещества в пахотном слое, изменением его

качественного состава и свойств. Усилилась пестрота плодородия после строительной планировки дерново-подзолистых заболоченных почв, где содержание гумуса на отдельных участках снизилось до 3 раз. В этой связи объем срезки перегнойного горизонта не должен превышать  $\frac{1}{4}$  его исходной мощности – 18...20 см. На более плодородных почвах данного типа допустимо уменьшение гумусового горизонта на  $\frac{1}{3}$ . При этом на каждый сантиметр срезки необходимо вносить в первом случае 10...12 т/га навоза, а во втором – 3...4 т/га. При этом для их окультуривания требуются повышенные нормы удобрений (80...100 т/га навоза) в течение 2-3 лет. Предусматривается система дополнительных агротехнических мероприятий по выравниванию продуктивности отдельных участков полей с внесением органических и минеральных макро- и микроудобрений (на фоне  $P_{60}K_{120}$ ;  $P_{60}K_{120}+N_{30...120}$ ;  $P_{60}K_{120}+$  компост 45 т/га).

Засыпка оторфованных микрозападин минеральным грунтом позволяет повысить зольность, плотность, температуру пахотного слоя, улучшить проходимость техники, водообеспеченность растений, способствует созданию биохимически устойчивых органо-минеральных комплексов, что предотвращает непроизводительные потери органического вещества торфа.

**Заключение.** Планировочные работы и выравнивание поверхности мелиорируемых земель и реконструируемых мелиоративных систем с комплексом почв и выраженным микрорельефом совместно с агрономическими мероприятиями позволяет повысить проектную урожайность сельскохозяйственных культур и снизить срок окупаемости капитальных вложений в мелиорацию. Кроме того, засыпка заторфованных микрозападин минеральным грунтом предотвращает ветровую эрозию и ограничивает непроизводительные потери органического вещества в результате минерализации. Планировка способствует заделке семян на оптимальную глубину и повышает эффективность осушительно-увлажнительных систем. Выход сельскохозяйственной продукции возрастает в среднем до 50 % по сравнению с непланированной поверхностью.

#### **Список цитированных источников**

1. О некоторых вопросах предотвращения деградации земель (включая почвы): Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 29 апреля 2015 г. № 361 / Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2015 г. – № 5/40478.
2. Волчек, А.А. Возможные изменения речного стока в зависимости от прогнозируемого изменения климата / А.А. Волчек, Д.Н. Дашкевич, В.Е. Валуев, О.П. Мешик // Экологический вестник. – № 3(17). – С. 5–13.
3. Волчек, А.А. Суммарное испарение на территории Беларуси и его прогнозные оценки / А.А. Волчек, Д.Н. Дашкевич // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2012. – №2 (74). Водохозяйственное строительство, теплотехника и геоэкология. – С. 2–8.
4. Дашкевич, Д.Н. Изменение уровня режима реки Малорита – с. Малорита / Д. Н. Дашкевич, С. С. Стельмашук // Сборник материалов IV Международной науч.-практ. конф., приуроченной к 1000-летию г. Бреста, Брест, 12–14 сентября 2019 г. – Брест: Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина, 2019. – С. 14–17.
5. Евсенкин, К.Н. Технология восстановления плодородия сработанных торфяных почв / К.Н. Евсенкин, А.В. Нефедов, Н.А. Иванникова // Основные результаты научных исследований института за 2017 год: сборник научных трудов. – М.: ИЗД. ВНИИГиМ, 2018. – С. 148–158.
6. Стельмашук, С.С. Выравнивание микрорельефа и плодородие мелиорируемых земель / С.С. Стельмашук, Н.Н. Водчиц // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2010. – №2 (62): Водохозяйственное строительство и теплотехника. – С. 7–9.
7. Ясинецкий, В. Г. Организация и технология гидромелиоративных работ. – М.: Агропромиздат, 1986. – 352 с.

УДК 378.14(07)

**Смирнова Ю. А., Чубрик А. Н.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Шевчук Т. В.**

## **ГИБКИЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОЗДУХОВОДОВ СРЕДСТВАМИ AUTOCAD MEP**

Целью данной работы является анализ возможности гибких методов проектирования вентиляционных систем в редакторе AutoCAD MEP.

В настоящее время в реальном производстве всё чаще обращаются к гибким системам проектирования. С их помощью создают, например, параметрические объекты инженерных систем [1], где каждый последующий шаг ведёт к преобразованию существующей модели, а графическое исполнение тесно связано с расчётными моделями.

С помощью AutoCAD MEP можно создать интеллектуальные инженерные системы. Элементы MEP используются для создания завершённых, связанных систем, содержащих информацию, которая может быть использована для анализа и усовершенствования проектов.

Благодаря интеграции используемых производителями программных средств и AutoCAD MEP, нет необходимости перечерчивать модели для передачи документации в производство. Непосредственное применение проектных моделей значительно упрощает создание рабочих чертежей компонентов из листового материала и труб в программах, используемых на производстве. Благодаря этому экономятся время и средства, повышается качество проектирования и рождаются новаторские решения.

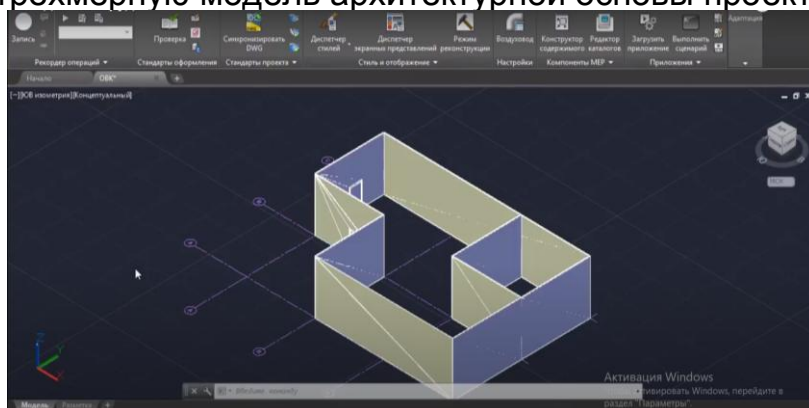
Перед началом построения можно задать предпочтительные проектные параметры и определения систем ОВК, подходящие для конкретного проекта. После создания определений систем для чертежа можно назначать параметры компонентам оборудования и воздуховодам в процессе рисования и изменения систем воздуховодов.

Рассмотрим пример создания комплексной вентсистемы с параметрическими элементами.

Перед началом проектирования системы вентиляции необходимо создать план здания. Для этого переключаем рабочее пространство на «Архитектура». На инструментальной палитре выбираем вкладку «проектирование» и переходим к созданию пользовательской сетки несущих колонн [2]. В появившемся окне создаем сетку по необходимым размерам.

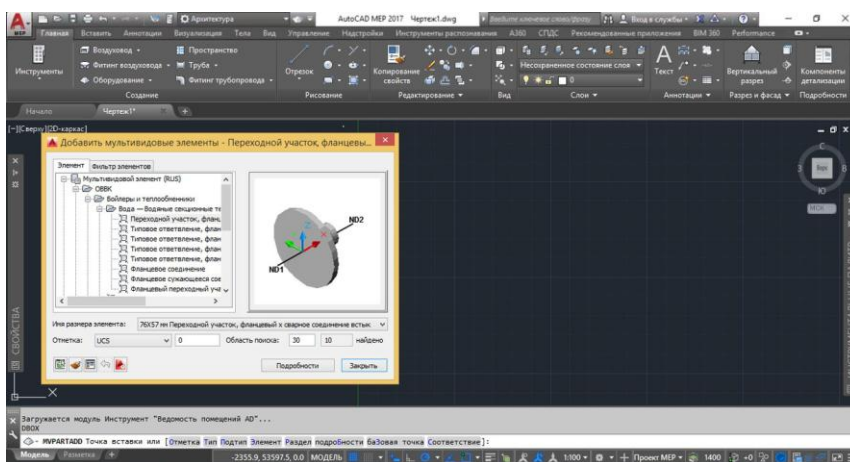
Далее мы назначаем высоту, тип, толщину и вид отделки стен и при помощи объектной привязки строим основу согласно плану.

Получаем трёхмерную модель архитектурной основы проекта (рисунок 1).



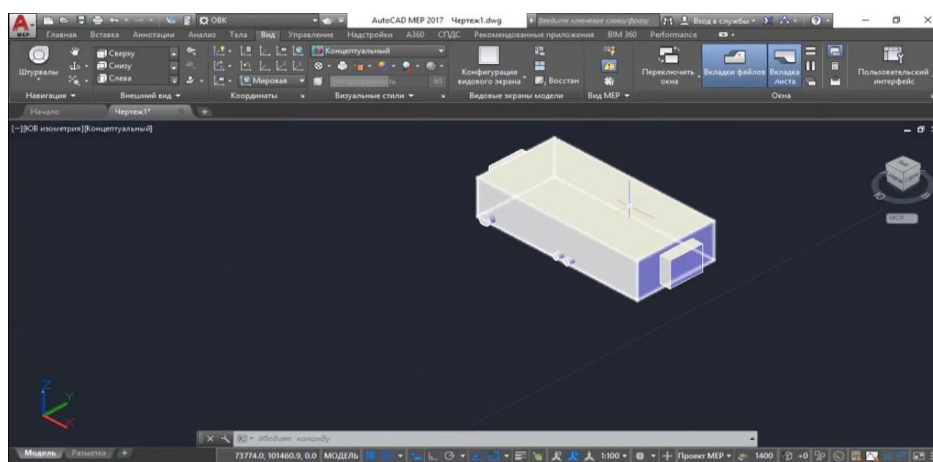
**Рисунок 1 – Трёхмерная модель архитектурной основы**

При проектировании системы вентиляции переключаем рабочее пространство на «ОВК» (оборудование вентиляции и кондиционирования). На вкладке «создание» предлагаются необходимые для построения элементы, такие как: воздуховоды, фитинги, трубы и различное оборудование. При выборе соответствующего элемента появляется окно с заложенными в программу готовыми элементами (база данных), в котором можно выбрать и изменить параметры элемента (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Окно базы данных**

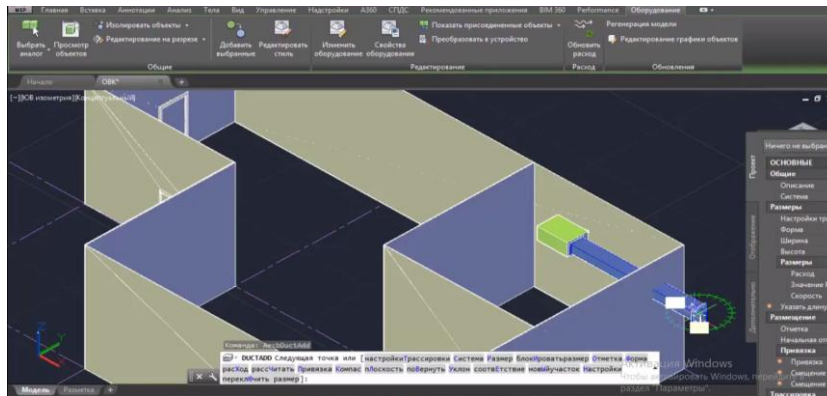
В случае отсутствия в базе данных необходимого оборудования его можно скачать с сайта производителя или создать самостоятельно по чертежу при помощи элементарных объемных фигур: цилиндров, параллелепипедов и прочих [3]. Чтобы добавить новое оборудование в базу данных, необходимо сохранить созданный объект как блок с названием оборудования (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Создание блока приточной установки**

Вставляем созданное оборудование в пространство чертежа. В свойствах объекта можно поменять отметку для того, чтобы установить оборудование на нужной нам высоте.

Создаем сеть трубопроводов. При повороте воздуховода фитинги устанавливаются автоматически. При различных разветвлениях необходимо выбрать нужный нам фитинг из базы данных (рисунок 4).

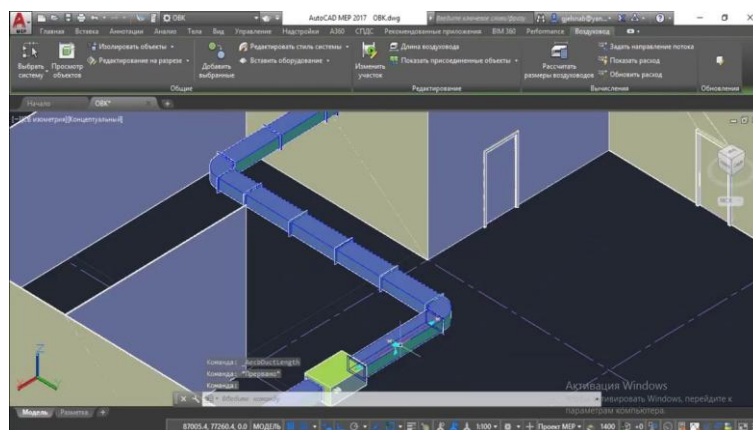


**Рисунок 4 – Установка фитинга при повороте**

Последним шагом является установка подвесок, при помощи которых оборудование крепится к перекрытию.

При соединении систем воздуховодов AutoCAD MEP применяются интеллектуальные функции. В частности, в программном обеспечении предусмотрена возможность автоматического расчета их размеров. Участок воздуховода определяется в программном обеспечении как любая часть системы воздуховодов, соединенная с одним или несколькими выпускными устройствами, для которых задано значение выходного потока. На основе этих значений потока рассчитываются размеры каждого сегмента воздуховода на участке.

Таким образом, мы создали комплексную модель вентсистемы с параметрическими функциями, легко видоизменяемую при уточняющих расчётах (рисунок 5).



**Рисунок 5 – Модель системы с параметрическими функциями**

Применение гибких моделей, увязанных с расчётными параметрами, совмещённых с архитектурной основой зданий и сооружений, значительно упрощает создание проектной документации. Становится доступно создание чертежей в автоматическом режиме, применение целого ряда библиотечных компонентов и выявление коллизий. В результате обеспечивается высокий уровень производительности, снижается количество ошибок.

Более полное использование функционала мощных современных САПР способно существенно ускорить процессы проектирования и конструирования, уменьшить трудозатраты, повысить качество работ.

### **Список цитированных источников**

1. Кочетов, В.И. Инженерная и компьютерная графика. Часть 1: учебное пособие / В.И. Кочетов, С.И. Лазарев, С.А. Вязовов, С.В. Ковалев. – Тамбов: Издательство ТГТУ, 2010. – 80 с.
2. Руководство Пользователя по программному продукту AutoCAD 2009 MEP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://forum.dwg.ru/showthread.php?t=24740>. – Дата доступа: 22.02.2020.
3. Марковский, Р.А. Применение методов проектирования вентиляционных систем графического редактора AUTOCAD MEP в курсе инженерной графики / Р.А. Марковский, Ю.А. Смирнова // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов: в 2 ч. / Брест. гос. техн. ун-т ; под ред. Н.Н. Шалобыты [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2019. – Ч. 1. – С. 36–38.

УДК 004.94

**Смоляков А. Д., Якимук А. В.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель НГиИГ Матюх С. А.**

### **НАГЛЯДНОСТЬ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН**

Цель данной работы – изучение компьютерной фотореалистичной визуализации геометрических объемов в графическом редакторе AutoCAD.

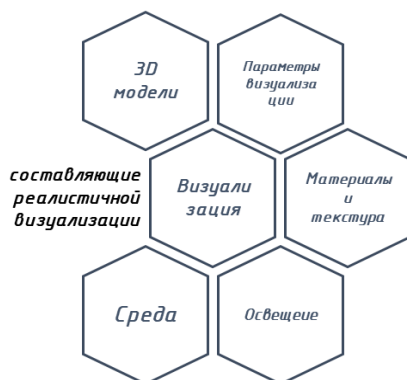
В настоящее время накоплен опыт по созданию и использованию средств компьютерной наглядности в преподавании различных дисциплин. Вместе с тем недостаточно изучены дидактические аспекты использования компьютерных средств наглядности в процессе обучения графическим дисциплинам, актуальными остаются вопросы выбора средств наглядности при решении различных педагогических задач.

Возможности информационных технологий расширяют рамки применения принципа наглядности, их использование дает возможность в динамике проиллюстрировать логику и алгоритмы графических построений; показать предмет в движении, в возникновении и развитии, реалистично передать его свойства. Современные исследователи отмечают педагогическую значимость средств наглядности, созданных с использованием информационных технологий.

AutoCAD является графической программой, с помощью которой можно создавать как строительные, так и машиностроительные чертежи, можно моделировать трехмерные объекты, имитирующие реальные предметы, состоящие из поверхностей любой сложности, и повторяющие отражательные преломляющие и рассеивающие свойства реальных материалов (рис. 1).

Для получения фотореалистичной картины предусмотрен аппарат визуализации. Это механизм создания плоской растровой картинки, по точности восприятия приближенной к фотореалистичной. Во время визуализации рассчитываются и отображаются все свойства материалов и освещенности.





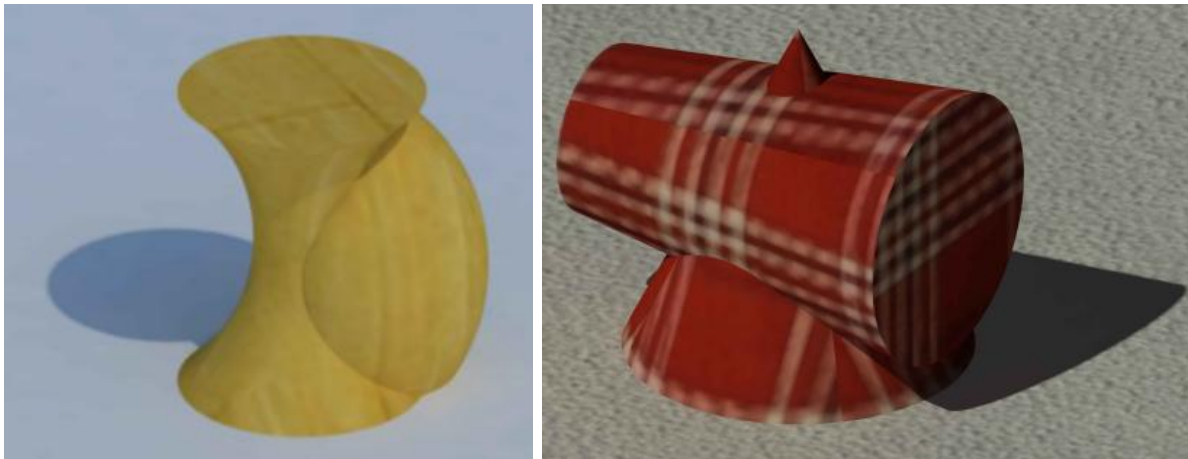
**Рисунок 1 – Необходимые составляющие реалистичной визуализации**

Чтобы изображение получилось правдоподобным, требуется провести некоторую подготовительную работу: поставить и настроить свет, присвоить объектам материалы, откорректировать их параметры, сформировать сцену с фоном, перспективой, атмосферными эффектами, а также настроить дополнительные параметры визуализации.

При построении всем телам назначается материал и текстура по умолчанию, что недопустимо для визуализации трехмерных проектов, в которых каждый объект имеет свои характеристики. Самый простой способ наложения текстуры на поверхность: сначала выбрать поверхность, затем в окне «Обозреватель материалов» выбрать нужную текстуру, выбрав команду «Назначить выбранным объектам». Если в библиотеке AutoCAD нет нужного материала или текстуры, то их можно легко создать с помощью «Редактора материалов», который запускается нажатием кнопки «Создание материала».

Для получения качественной визуализации модели необходимо создать и настроить источники света. В AutoCAD для получения 3D-визуализации можно установить точечные, направленные и удаленные источники света, а также естественное солнечное освещение. Для установки источника света запускается соответствующая команда на ленте «Визуализация» и указывается точка расположения источника. В свойствах источника можно определить его имя, интенсивность и цвет свечения. Если стоит задача визуализировать закрытое помещение, то для возможности его обзора «изнутри» необходимо создать камеру или целую группу камер. В свойствах камеры можно настроить ее фокусное расстояние, поле зрения и другие параметры. После того, как трехмерная модель создана, наложены все текстуры, заданы камеры и источники, можно переходить к финальной стадии работы – визуализации.

Чертеж, построению и чтению которого обучают студентов в курсе начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики, также является средством наглядности, которое абсолютно точно передает информацию об объекте, однако эта информация является закодированной и мало понятной для человека, не знакомого с законами его образования. В процессе изучения графических дисциплин студент должен научиться создавать чертеж по реальному объекту, а также выполнять обратную задачу – по имеющемуся абстрактному изображению объекта воссоздавать его форму, размеры, свойства. Наглядность в этом случае становится инструментом, посредством которого развиваются пространственные представления у обучающихся, формируется готовность к выполнению мысленных операций с абстрактными объектами, т. е. создаются предпосылки для формирования компетенций по составлению и чтению чертежа (рис. 2).



**Рисунок 2 – Построение аксонометрии в AutoCAD**

В последние годы компьютеризация обучения приобрела особенно широкий размах. Это связано в первую очередь с тем, что возникла потребность в специалистах, владеющих компьютерной грамотой, особенно в областях, связанных с выполнением графических изображений. Поэтому неудивительно и вполне обоснованно появление такой дисциплины, как инженерная компьютерная графика. Студент с первых лет обучения знакомится с принципами получения графических изображений на компьютере. Он получает общее представление о графических редакторах, а также навыки работы с ними [1].

Очень важно при подготовке специалистов такая область применения компьютерных средств, как геометрическое моделирование. Геометрическое моделирование – это процесс создания геометрической модели предмета или объекта для решения графических задач, связанных с его изготовлением и функционированием. Это достаточно сложный и трудоемкий процесс, но элементы геометрического моделирования можно и нужно вводить уже на начальных курсах обучения.

Современная компьютерная графика используется все чаще и чаще в самых разных областях человеческой деятельности. Графические изображения связывают различные виды творчества. Освоение методов и понимание алгоритмов машинной графики предполагает владение базовыми понятиями фундаментальных дисциплин. Систематическое использование средств компьютерной наглядности при решении различных задач способствует активизации учебного процесса, повышению его эффективности. Компьютерная наглядность поддерживает внимание студентов, дает возможность строить обучение, исходя из приобретенного во время обучения опыта студентов, повышает интерес к предмету, тем самым обеспечивая мотивационную установку на его изучение.

#### **Список цитированных источников**

1. Матюх, С.А. Инженерная компьютерная графика в вузе / С.А. Матюх, Т.В. Шевчук // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сборник трудов Международной научно-практической конференции, 21 апреля 2017 года, Брест, Республика Беларусь, Новосибирск, Российская Федерация / отв. ред. К. А. Вольхин. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2017. – С. 154-158.



УДК 628.84

**Шрамович С. В.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Янчилин П. Ф.**

## **РАСЧЕТ ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЙ В УЧЕБНУЮ АУДИТОРИЮ БрГТУ ПРИ ПОМОЩИ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Целью данной работы является расчет теплопоступлений в учебную аудиторию БрГТУ при помощи теоретических и практических данных.

Теплопоступления — нахождение в помещение тепла от разных источников. Расчет теплопоступлений — это неотъемлемая часть разработки систем кондиционирования здания. Этот подсчет очень важен, и от него зависит: будет ли микроклимат в комнате комфортным для человека [1, с. 7; 2, с.1].

Наиболее распространёнными видами теплопоступлений в помещение являются теплопоступления от людей, источников искусственного освещения, солнечной радиации.

### **РАСЧЕТ ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

**В рамках данной работы рассчитаем теплопоступления в учебную аудиторию 2/108 БрГТУ в переходный период** (аудитория на 24 человека площадью 45 м<sup>2</sup>) [1, с. 7].

#### **ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЯ:**

##### **а) от людей**

Выделение явной теплоты и влаги людьми зависит от тяжести выполняемой работы и температуры воздуха в помещении. В практических расчётах, как правило, учитывают только явную теплоту, поскольку скрытая теплота, увеличивая энтальпию воздуха, заметного влияния на его температуру не оказывает [1, с. 8]:

$$Q_{\text{л}} = q_{\text{яв}} \cdot n \cdot k_{\text{л}}, \quad (1)$$

где  $q_{\text{яв}}$  — явное количество теплоты, выделяемое одним человеком (мужчиной);

$n$  — расчетное количество человек;

$k_{\text{л}} = 1$  — для мужчин,  $k_{\text{л}} = 0,85$  — для женщин,  $k_{\text{л}} = 0,75$  — для детей.

Переходный период: теплопоступления от одного человека (мужчины) в состоянии покоя при  $t_{\text{в}} = 15-20$ ;  $q_{\text{яв}} = 90$  Вт явной теплоты.

Всего теплопоступления от 15 человек составят:

$$Q_{\text{л}} = 90 \cdot 15 \cdot 1 = 1350 \text{ Вт};$$

##### **б) от искусственного освещения**

Теплопоступления от искусственного освещения учитываются в холодный и переходный периоды года. Принято считать, что вся энергия, затрачиваемая на освещение, переходит в теплоту, нагревающую воздух помещения. При этом пренебрегают частью энергии, нагревающей конструкции здания.

Тепловыделения от источников искусственного освещения определяются по формуле [1, с. 9]:

$$Q_{\text{осв}} = E \cdot F \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}}, \text{ Вт}, \quad (2)$$

где  $E$  – освещенность помещения (нормируемая), лк, в нашем случае  $E=200$ лк (табл. 2.5[2]);

$q_{\text{осв}}$  – удельные тепловыделения от ламп, Вт/(м<sup>2</sup> \*лк), (для люминесцентных ламп, установленных в помещении площадью менее 50 м<sup>2</sup>  $q_{\text{осв}}=0,08$  Вт/(м<sup>2</sup>\*лк));

$F$  – площадь пола помещения, м<sup>2</sup>, в нашем случае  $F = 45$  м<sup>2</sup>

$\eta_{\text{осв}}$  – доля теплоты, поступающей в помещение (при расположении люминесцентных ламп на некотором расстоянии от потолка  $\eta_{\text{осв}} = 1$ ).

$$Q_{\text{осв}} = 200 \cdot 45 \cdot 0,08 \cdot 1 = 720 \text{ Вт}$$

№	Наименование величины	Обозначение	Ед. изм.	Значение величины
				Переходный период
1	Теплопоступления от людей	Qлюд	Вт	1350
2	Теплопоступления от искусственного освещения	Qосв	Вт	720
3	Теплопоступления через заплнн. световых проёмов	Qостекл	Вт	—
4	Аккумуляция теплоты внутренними ограждающими конструкциями	Qр	Вт	–
5	Избытки явной теплоты	ΣQизб	Вт	2070

Таким образом, теплопоступления **в учебную аудиторию 2/108 БрГТУ в переходный период составляют:**

$$Q=2070 \text{ Вт}$$

### РАСЧЕТ ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Цель данного расчёта – определить, какое количество теплоты выделяется в учебной аудитории.

При помощи термогигрометры типа ТГЦ-МГ4 были проведены замеры изменения параметров воздуха в помещении (ауд 108, 2 корпус, БрГТУ) до занятий и после занятий. Результаты сведены в таблицу 1.

**Таблица 1 – Температура и процентное содержание влаги в помещении до и после занятий**

Аудитория 2/108		
	Влажность	Температура °С
До занятий	27%	19
После занятий	53%	20,6

Для определения количественного значения теплоступлений воспользуемся формулой для нахождения элементарного количества тепла.

Элементарное количество тепла, которое сообщается системе, температура при этом меняется от  $T$  до  $T+dT$ , равно:

$$Q = C dT,$$

т. е.  $Q = C(t_x - t_n),$

где  $C$  – теплоемкость системы;

$t_x$  – конечная температура системы;

$t_n$  – начальная температура системы.

Удельная теплоемкость воздуха при температуре 15-20 °С = 1005 Дж/(кг\*К), следовательно, количество выделенной теплоты в помещении будет равно:

$$Q = 1005(20,6 - 19) = 1608 \text{ Дж/кг.}$$

По итогам проделанной работы можно сделать вывод, что практическое значения теплоступлений меньше, чем при их теоретическом расчёте.

#### **Список цитированных источников**

1. Методические указания для выполнения курсового проекта по дисциплине «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» / Составители: С.Р. Сальникова, П.Ф. Янчилин. – Брест 2015. – 53 с.

2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СНБ 4.02.01–03. – Минск, 2004.

УДК [691.535:693.554]:666.193.2

**Янущик Т. А.**

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

### **РЕЗУЛЬТАТ РАБОТЫ ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА**

Эффективным способом снижения экономических затрат на кондиционирование является применение установок с рекуперацией тепла, которые уменьшают потребление электроэнергии в несколько раз. Рекуператор предназначен для повторного применения теплоты или холода, забираемых от уходящего воздуха систем вентиляции и кондиционирования, от технологических потоков, местных отсосов и т. п. Применение секции утилизации теплоты должно обосновываться технико-экономическими расчетами. Тип секции утилизации теплоты определяется характеристиками потоков и требованиями, предъявляемыми к помещению, в котором необходимо осуществлять кондиционирование воздуха [1].

Экспериментальный рекуператор диагональный пластинчатый установлен в лабораторном стенде «Центральный промышленный кондиционер КЦ-ТК-1,6-6/3» (производство «Альтернатива») в ауд. 3/116 кафедры ТГВ БрГТУ.

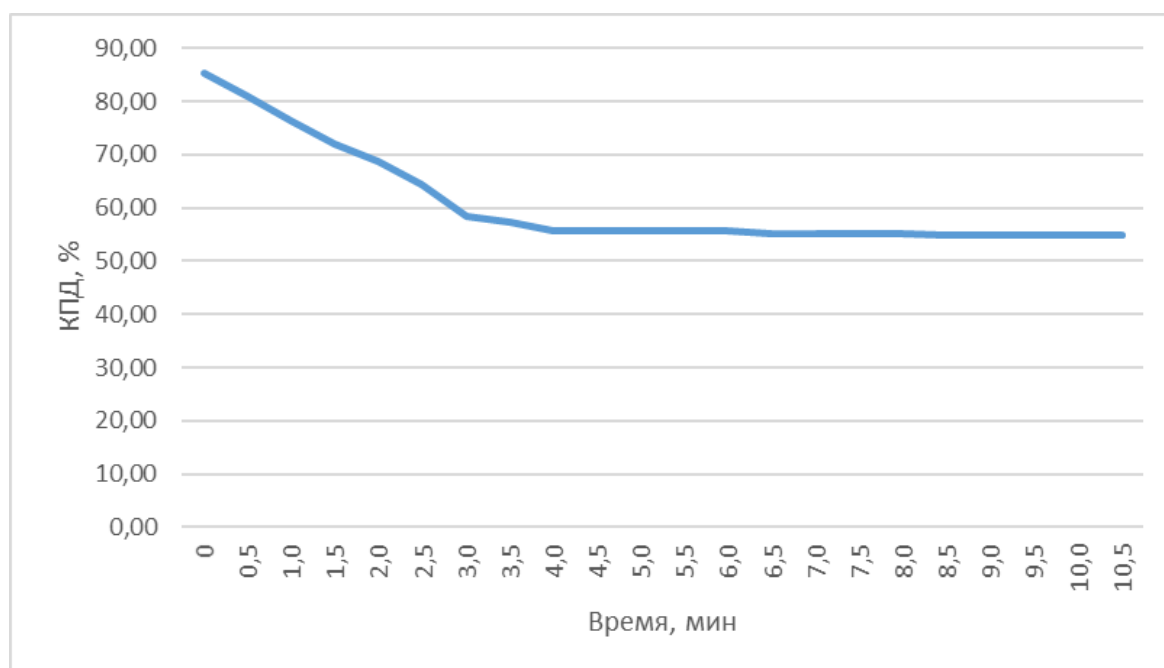
Провели опыт для определения температуры, нагреваемой за счет рекуперации. С помощью экспериментальных данных построили зависимости температур воздуха, КПД и  $Q$  от времени.

**Таблица 1 – Данные, полученные в результате проведения опыта**

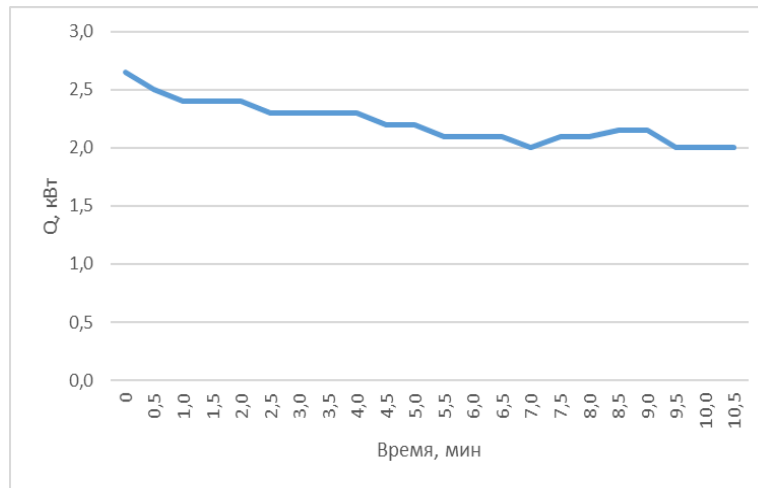
№	t, мин	tн	tпр	tвыт	tр	η, %	Q, кВт
1	0	5,7	17,3	19,3	15,5	85,29	2,5
2	0,5	5,7	16,7	19,3	14,7	80,88	2,5
3	1,0	5,7	16,1	19,3	13,9	76,47	2,4
4	1,5	5,7	15,5	19,3	13,1	72,06	2,4
5	2,0	5,7	15	19,2	12,3	68,89	2,4
6	2,5	5,7	14,4	19,2	11,9	64,44	2,3
7	3,0	5,7	13,4	18,9	10,7	58,33	2,3
8	3,5	5,7	13,2	18,8	10,4	57,25	2,3
9	4,0	5,7	13	18,8	10,2	55,73	2,3
10	4,5	5,7	13	18,8	10,2	55,73	2,2
11	5,0	5,7	12,9	18,6	10,1	55,81	2,2
12	5,5	5,7	12,9	18,6	10,1	55,81	2,1
13	6,0	5,7	12,9	18,6	10,1	55,81	2,1
14	6,5	5,7	12,7	18,4	10,1	55,12	2,1
15	7,0	5,7	12,7	18,4	9,9	55,12	2,0
16	7,5	5,7	12,7	18,4	9,9	55,12	2,1
17	8,0	5,7	12,7	18,4	9,9	55,12	2,1
18	8,5	5,7	12,6	18,3	9,9	54,76	2,2
19	9,0	5,7	12,6	18,3	9,8	54,76	2,2
20	9,5	5,7	12,6	18,3	9,8	54,76	2,1
21	10,0	5,7	12,6	18,3	9,9	54,76	2,1
22	10,5	5,7	12,6	18,3	9,9	54,76	2,1

Н	В
t=5,7	t=19,3
φ=36,5%	

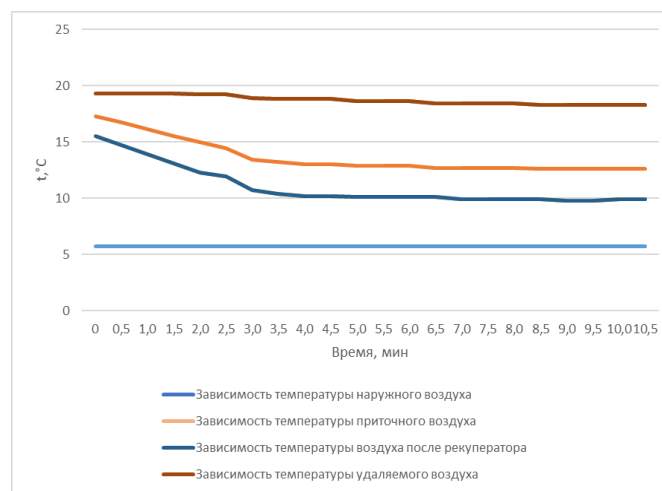
По полученным данным построим графики зависимости КПД от времени, температуры приточного, удаляемого воздуха и оттаивания рекуператора от времени, Q от времени для каждого измерения.



**Рисунок 1 – График зависимости КПД от времени**



**Рисунок 2 – График зависимости Q от времени**



**Рисунок 3 – Графики зависимости температур воздуха от времени**

По данным графикам видно, что температура приточного воздуха уменьшается, а затем остается постоянной. Это происходит из-за того, что кондиционер находился в нерабочем состоянии до начала проведения опыта и все конструкции кондиционера были нагреты внутренним воздухом, поэтому температура приточного воздуха в начале больше, а затем стабилизируется, т. е. рекуператор начал работать в нормальном режиме. То же самое происходит и с КПД.

**Вывод:** В ходе проведения эксперимента работы пластинчатого рекуператора в составе центрального промышленного кондиционера сравнили опытный КПД и КПД из паспорта и выяснили, что рекуператор работает в оптимальном режиме. Это может подтвердить тот факт, что при наружной температуре  $t_{нар}=5,7$  °C опытный КПД и КПД из паспорта  $\approx 50\%$ .

### Список цитированных источников

1. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение / Под ред. проф. П.И. Дячек – М.:Изд-во АСВ, 2017. – 676 с.
2. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. проф. Б.М. Хрусталёва – М.:Изд-во АСВ, 2005. – 576 с., 129 ил.

# **ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

## **РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ «ТРАНСПОРТ ПО ЗАПРОСУ»**

Дорожный транспорт – существенная часть современного общества, и к нему со стороны этого общества предъявляются повышенные требования, такие как, например, оптимальное расписание движения, повышение уровня мобильности пассажиров и т. д. Не так давно проблемы координации и управления транспортными потоками на улично-дорожных сетях (УДС) не были столь актуальными, однако в условиях урбанизации городов и растущей нагрузки на транспортную сеть и, как следствие, неэффективного её использования все большее внимание уделяется исследованию новых, наиболее оптимальных и прибыльных моделей городского транспорта [1, с. 1].

Существует несколько методов управления транспортными сетями:

1. По расписанию (автобусный транспорт):

движение общественного транспорта задаётся фиксированным расписанием с указанием периода движения (в течение года либо дачного периода), дней (выходных или рабочих), времени прибытия транспорта на остановочный пункт.

2. Интервальное (троллейбусный транспорт, маршрутное такси):

движение общественного транспорта осуществляется с постоянной периодичностью. Транспортные средства прибывают на остановочный пункт через определённый промежуток времени.

3. По запросу (агрегаторы такси и другие специализированные системы):

прибытие транспорта осуществляется по требованию потенциальных пассажиров.

Значительный процент пассажирских перевозок в Республике Беларусь охватывает система маршрутного такси – микроавтобусов, осуществляющих перевозку пассажиров по установленным маршрутам, забор и высадку – в определённых местах (остановочные пункты) и не полностью интегрированных в регулярную систему общественного транспорта [2]. Главный недостаток действующей транспортной системы заключается в её неэффективности. Периодичность движения транспорта не изменяется в течение дня [3], что не соответствует изменениям интенсивности прибывающего пассажиропотока, зависящего от различных показателей (погодные условия, рабочие часы, выходные и праздничные дни и др.). Вследствие такой негибкой системы появляются ситуации переполненности (высокая интенсивность прибывающего пассажиропотока) и наоборот – опустелости («безлюдье» на маршруте) транспортных средств.

В связи с вышеуказанным была предложена оптимизированная модель городского транспорта, основанная на модели «Транспорт по запросу». Ведется разработка системы управления городским пассажирским транспортом посредством использования приложения-клиента для информирования водителя. Приложение предназначено для предоставления водителю сведений о заявках на перевозку пассажиров, ожидающих на остановках. Со стороны пользователя может быть осуществлён один из сценариев в зависимости от используемого девайса:

1. Смартфон.

В таком случае пользователь имеет возможность по приходу на остановочный пункт отсканировать QR-код, вследствие чего откроется приложение с предложением ввести начальный и конечный остановочные пункты.

## 2. Другие устройства сотовой связи без возможности сканирования.

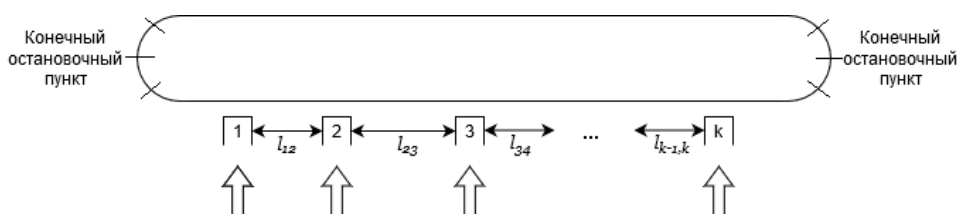
В данном случае пользователю предлагается отправить запрос через SMS на предложенный номер. Текст сообщения должен содержать в себе порядковый номер остановочного пункта, на котором находится пассажир, а также порядковый номер пункта назначения.

## 3. Пульт.

Остановочные пункты с наибольшим прибывающим в течение дня пассажиропотоком будут снабжены специальными пультами, в которых уже будет запрограммировано текущее местонахождение, поэтому запрос на вызов транспортного средства формируется на основе выбора только конечного остановочного пункта.

Далее хранение и передача данных происходит в виде запросов через сервер. Каждый запрос представляет собой набор, определяющий маршрут, начальную и конечную остановки. Маршрут, в свою очередь, определяется упорядоченной последовательностью остановок. Все остановки маршрута определяются идентификатором и названием. В соответствии с информацией, поступающей на сервер, водителю будет подан сигнал активации, когда ему следует выехать с остановочного пункта, на котором он находится. Выезд происходит, когда на одной из остановочных пунктов предполагаемая заполненность транспортного средства подходит к максимально допустимой в данной точке. Остановочный пункт фиксируется и происходит запуск транспортного средства. Далее по мере приближения к данной точке осуществляется высадка уже подобранных пассажиров и забор ожидающих на промежуточных остановках. После достижения зафиксированной точки перестает осуществляться забор пассажиров и происходит только высадка. Далее транспортное средство останавливается и ожидает следующего сигнала о запуске.

В общем виде маршрут транспортного средства можно представить в виде рисунка:



**Рисунок 1 – Общий вид маршрута**

На рисунке 1 изображён линейный маршрут, состоящий из  $k$  остановок. На данном маршруте обозначены два конечных и  $k-2$  промежуточных остановочных пункта. Через  $l_{ij}$  обозначены расстояния между  $i$ -й и  $j$ -й остановками,  $i, j = \overline{1, k}$ . Стрелками обозначена интенсивность прибывающего пассажиропотока.

Данные о пассажирах, получаемые с помощью приложения, хранятся в виде матрицы корреспонденций, которая имеет вид [4, с. 59]:

$$M = \begin{bmatrix} 0 & m_{1,2} & \dots & m_{1,j} & \dots & m_{1,k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & m_{i,j} & \dots & m_{i,k} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & m_{k-1,k} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix},$$



где  $m_{ij}$  – количество пассажиров, севших на  $i$ -ой остановке с целью доехать до  $j$ -й остановки при  $i, j = \overline{1, k}$ . Следует отметить, что все элементы матрицы  $M$  на главной диагонали и под главной диагональю равны нулю (т. к. пассажир не может выйти на остановке, на которой сел в вагон, и не может ехать «назад»).

Пусть  $S_r$  – заполненность транспортного средства на  $r$ -й остановке  $r = \overline{1, k}$ .

$V$  – его общая вместимость. Общее количество  $m_i$  пассажиров, садящихся на  $i$ -ой остановке, определяется как сумма элементов  $i$ -ой строки матрицы  $M$ :

$$m_i = \sum_{j=1}^k m_{i,j} = \sum_{j=i+1}^k m_{i,j}, \quad i = \overline{1, k}.$$

В свою очередь число пассажиров  $m_i$ , выходящих на  $i$ -й остановке, определяется как сумма элементов  $i$ -го столбца матрицы  $M$ :

$$m_i = \sum_{j=1}^k m_{j,i} = \sum_{j=1}^{i-1} m_{j,i}, \quad i = \overline{1, k}.$$

Тогда после отъезда от остановки с номером  $r$  количество пассажиров в транспортном средстве будет равно:

$$S_r = \sum_{i=1}^r m_i - \sum_{i=1}^r m_i = \sum_{i=1}^r (m_i - m_i), \quad r = \overline{1, k}.$$

На каждой остановке число заходящих пассажиров совместно с числом пассажиров, уже находящихся в транспортном средстве, не должно превышать объём  $V$ . Так для  $k$ -й остановки заполненность составит

$$S_k : m_1 - m_{12} + m_2 - (m_{13} + m_{23}) + m_3 - \dots - (m_{1k} + m_{2k} + m_{3k} + \dots + m_{k-1,k}) \leq V$$

т. к. это конечный остановочный пункт и на нём пассажиры не заходят в транспортное средство.

Таким образом, заполненность транспортного средства на  $r$ -й остановке имеет вид:

$$S_r : \sum_{i=1}^r m_i - \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{j=i+1}^r m_{i,j} \leq V, \quad r = \overline{1, k}.$$

С учётом возможности прибытия ещё некоторого числа пассажиров за то время, пока транспортное средство будет ехать до необходимого остановочного пункта, вводится коэффициент требуемой заполненности  $a$ . Изначально определим  $a = 80\%$  для первой остановки. Далее: чем дальше остановочный пункт находится от места ожидания транспортного средства, тем меньше коэффициент требуемой заполненности на этом остановочном пункте. Тогда сама требуемая заполненность на остановочном пункте определяется через величину, равную  $a * V$ .

При запуске транспортного средства необходимо также учитывать время, за которое транспортное средство доедет до точки максимума, которое определяется следующим образом:

$$t_{\text{доезда}} = \frac{\sum_{i=2}^{\text{hump}} l_{i-1,i}}{v},$$

где  $\text{hump}$  – точка, в которой наблюдается приближение к величине  $a_{\text{hump}} * V$ ;  $v$  – средняя скорость транспортного средства.

Ещё одно условие для запуска транспортного средства на маршрут можно определить следующим образом:

$$\lambda_{\text{hump}} * t_{\text{доезда}} \leq (1 - a_{\text{hump}}) * V .$$

Данный подход к функционированию системы городского общественного транспорта позволяет повысить эффективность транспортных средств на маршруте, оптимизировать забор и высадку пассажиров для более полного удовлетворения потребностей клиентской стороны, уменьшить затраты из городского бюджета.

#### Список цитированных источников

1. Применение комбинаторных аукционов для планирования маршрутов в моделировании задачи «Транспорт по запросу» / С.В. Сатунин. – г. Нижний Новгород, 2009. – 7 с.
2. Маршрутное такси – Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Маршрутное\\_такси](https://ru.wikipedia.org/wiki/Маршрутное_такси). – Дата доступа: 08.05.2020.
3. Расписание движения городских экспрессных маршрутов г. Бреста с октября 2019 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vb.by/help/transport/-minibus.html>. – Дата доступа: 10.05.2020
4. Пролиско, Е.Е. Математическая модель работы «ИНФОБУСОВ» // Матеріали VII-ої Українсько-польської науково-практичної конференції «Електроніка та інформаційні технології (ЕліТ-2015)», 27-30 серпня 2015 р. – Львів-Чинадієво, 2015. – С. 59-62.

УДК 004.925.86

**Kalita E., Grigoruk A.**

**Supervisor: PhD, Associate Professor Lebed S.**

### APPLET FOR TAYLOR SERIES

The professional language of mathematical symbols and formulas is often incomprehensible to students, especially those who have not studied in physics and mathematics classes. The inability to imagine and see mathematical objects in reality creates certain difficulties in mastering the course of mathematics. Visualization of mathematical material, from our point of view, will help to facilitate the understanding of mathematics and improve the quality of knowledge in this discipline.

In the course of studying mathematics in the first year, we came across the concept of «Taylor series» and thought about how to depict this series. We'd like to introduce you our program, which makes graphs for four trigonometric functions using Taylor series and we should start with basic concepts.

What is a Taylor series?

**Definition** The Taylor series at point  $a$  of a function  $f(x)$  of a real variable  $x$ , infinitely differentiable in the neighborhood of point  $a$ , is called a sum of the form:

$$f(x) = f(a) + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{f^{(k)}(a)}{k!} x - a^k .$$

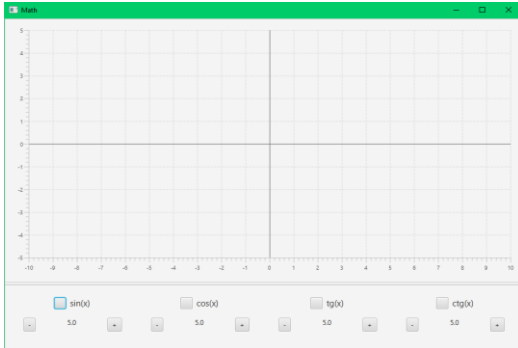
In other words, The Taylor series is a decomposition of a function into an infinite sum of power functions.

We have written a program that will build decompositions of some functions into a Taylor series depending on the number of Taylor series members and will allow

you to compare the graph of the function itself with the graph of the Taylor series that approximates this function.

To create our project, we used the Java programming language. The applet consists of four main files, that are interconnected and make our program work.

The first file **«Main»** is a file that opens our program and shows us the initial window (see Picture 1).



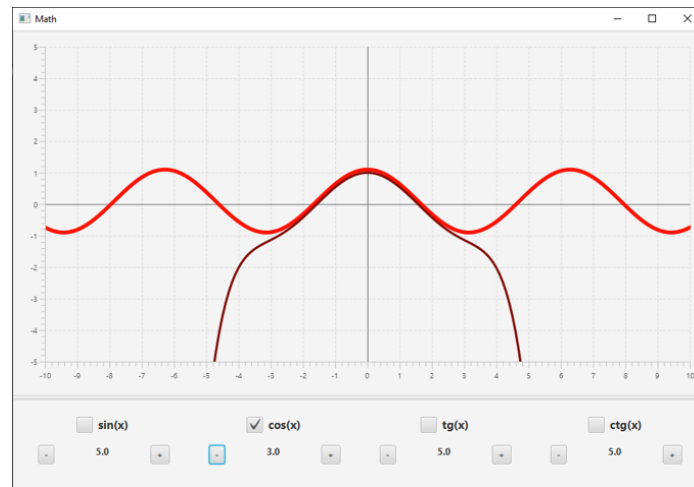
**Picture 1 – Initial window of the applet**



**Picture 2 – Taskbar for selecting a function**

The second file **«Controller»** is responsible for pressing buttons in the program, in other words it let us choose function, for which we'd like to build a graph, and change the number of terms in the series (see Picture 2).

The third file **«MyGraph»** is responsible for making plots for chosen function. Depending on the chosen by user number of terms it generates Taylor series for this function, calculates several points and plot them in our window (see Picture 3).



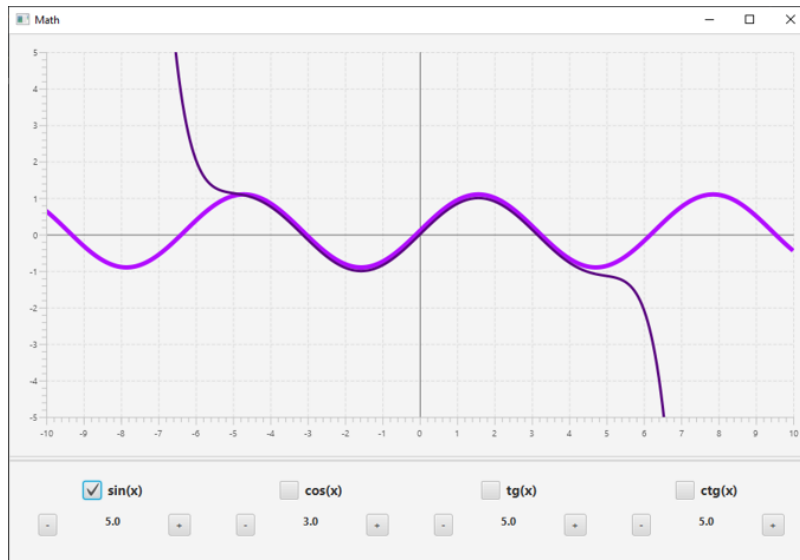
**Picture 3 – Graph of the function  $y = \cos x$  and its Taylor series with three terms**

The fourth file **«Sample»** is a file that is responsible for the interface of our program. It locates all buttons, checkboxes and fields and, unlike other files, have the .FXML file extension.

Here are some examples of how the developed application works.

First of all we see the default window where all  $n = 5$ , where  $n$  is the number of terms of Taylor series (see Picture 1).

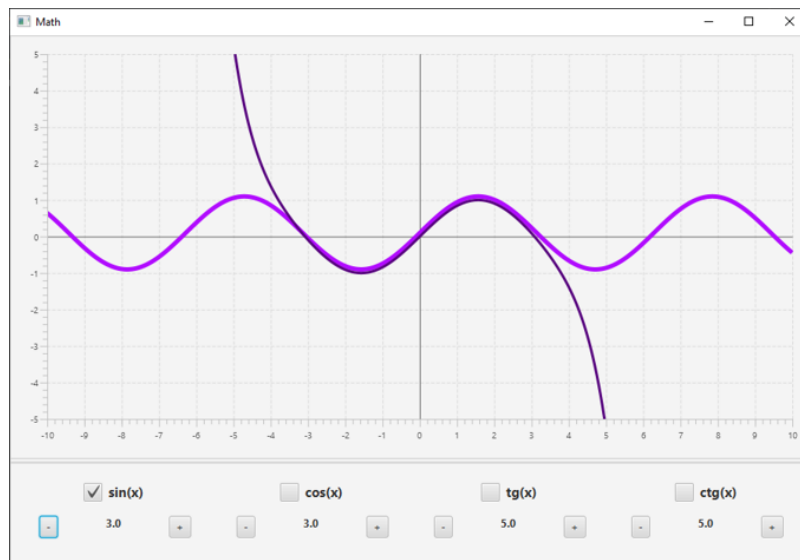
We can choose any of the given four functions:  $y = \sin x$ ,  $y = \cos x$ ,  $y = \operatorname{tg} x$ ,  $y = \operatorname{ctg} x$ . For example we have chosen  $y = \sin x$ . Firstly, we will see the ordinary graph of the function  $y = \sin x$  on the background and Taylor series for the function  $y = \sin x$ , colored brighter color (see Picture 4).



**Picture 4 – Graph of the function  $y = \sin x$  and its Taylor series with five terms**

We can change the number of terms using buttons «+» and «–» under the function. For the convenience each function has its own buttons (see Picture 5). Also we have the opportunity to select cosine, tangent and cotangent and change it by the same way.

When you change the number of terms in the figure, you can see the dynamics of changes in the graph of the Taylor series, which allows you to observe how the number of terms of the Taylor series affects the approximate equality (see Picture 5).



**Picture 5 – Graph of the function  $y = \sin x$  and its Taylor series with three terms**

### References

1. Высшая математика для инженеров : в 2 т. / С. А. Минюк [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Микулина. – Минск: ООО «Элайда», 2004. – 2 т.
2. Introduction to Differential Calculus: Systematic Studies with Engineering Applications for Beginners / Rohde U.L. [et al.] . – USA : Wiley, 2012.
3. Вся высшая математика / М. Л. Краснов [и др.]. – М. : Эдиторная УРСС, 2000.

## ГЕТЕРОСКЕДАСТИЧНОСТЬ: СУЩНОСТЬ И МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ

Временной ряд является одной из возможных реализаций случайного процесса. Члены ряда не являются статистически независимыми и одинаково распределенными. При проведении анализа временного ряда важно знать стационарен данный ряд или нет, так как наблюдения в стационарном ряду не зависят от времени, т. е. закон распределения и его характеристики не зависят от времени, а, следовательно, математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение могут быть оценены по наблюдениям.

В силу того, что оценки параметров уравнения регрессии являются выборочными характеристиками, в процессе оценивания необходимо проводить статистическую проверку существенности полученных параметров.

Для оценки неизвестных параметров уравнения регрессии чаще всего используют метод наименьших квадратов, который позволяет получить несмещенные оценки.

Обобщенная линейная модель регрессии имеет вид  $Y = X\beta + \varepsilon$ .

При применении метода наименьших квадратов для нахождения оценок параметров простой множественной регрессии предполагается выполнение нескольких предпосылок, касающихся в первую очередь случайной величины  $\varepsilon$ , учитывающей ошибки измерения и ошибки спецификации. Эти предпосылки называют условиями Гаусса-Маркова.

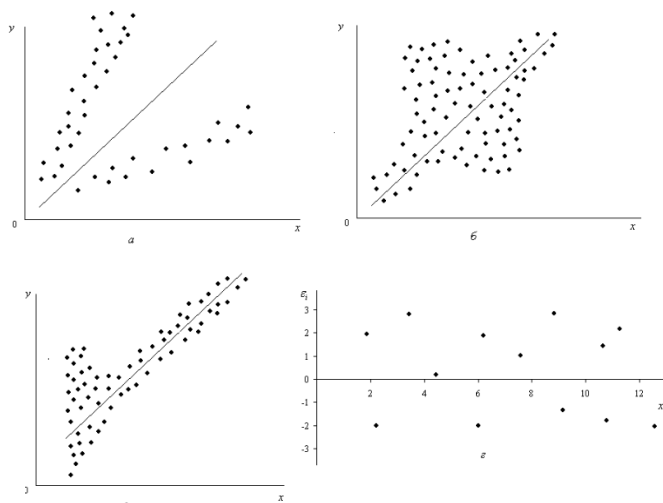
Согласно теореме Гаусса-Маркова остатки должны обладать свойствами, близкими к свойствам случайных ошибок.

Одним из нарушений этой теоремы является нарушение третьего условия Гаусса-Маркова, а именно гомоскедастичность остатков  $M\varepsilon_i^2 = \sigma^2, i = 1, \dots, n$ .

Гетероскедастичными называют остатки, для которых не выполняется условие равенства дисперсий (гомоскедастичности), при этом предполагается, что выполняются условия отсутствия автокорреляции остатков и подчинения их нормальному закону распределению. Гетероскедастичность обозначает, что исследуемые объекты неоднородны, а дисперсия случайных остатков изменяется при изменении значений независимой переменной.

Проблема гетероскедастичности зачастую характерна для пространственных наблюдений и довольно редко встречается при исследовании временных рядов.

Наличие гетероскедастичности можно наглядно продемонстрировать на графике:



При наличии гетероскедастичности последствия применения метода наименьших квадратов будут следующими:

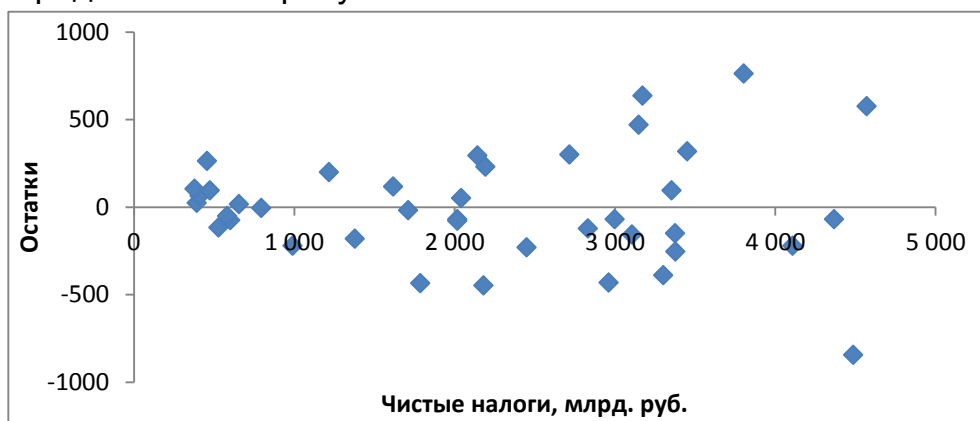
- 1) оценки коэффициентов по-прежнему останутся несмещенными и линейными;
- 2) оценки не будут эффективными (не будут иметь наименьшую дисперсию по сравнению с другими оценками такого же параметра). Вероятность получения максимально точных оценок снижается с увеличением дисперсий оценок;
- 3) дисперсии оценок будут рассчитываться со смещением;
- 4) в результате вышеперечисленного, все выводы, получаемые на основе  $t$ - и  $F$ -статистик, а также интервальные прогнозы будут ненадежными и приводить к неверным выводам по полученной модели. Стандартные ошибки коэффициентов уравнения регрессии будут занижены, а, как следствие,  $t$ -статистики завышены, что приведет к признанию статистически значимыми коэффициентов, которые на самом деле таковыми не являются.

В некоторых случаях, когда характер данных известен, появление проблемы гетероскедастичности можно предвидеть и попробовать устранить еще на этапе спецификации модели. Однако гораздо чаще эту проблему приходится решать после того, как уравнение регрессии уже построено. Для диагностики гетероскедастичности разработано довольно много тестов и критериев для них. Рассмотрим на примере более подробно некоторые из них.

В качестве исходных данных были выбраны квартальные данные о расходах на конечное потребление государственных организаций и о налоговых поступлениях в бюджет Республики Беларусь с 2009 по 2018 года.

Для множественной регрессии вид графиков остатков является наиболее наглядным способом изучения гомо- и гетероскедастичности. О наличии гетероскедастичности будет свидетельствовать величина разброса остатков относительно оси абсцисс. Если же разброс примерно одинаковый, то можно говорить о выполнении условия гомоскедастичности.

Для исследуемых данных построим график остатков. Результат этого построения представлен на рисунке 1.



**Рисунок 1 – График зависимости остатков от чистых налоговых поступлений в бюджет Республики Беларусь**

На графике остатков видно, что интервал значений разбивается примерно на три части, на каждой из которых дисперсия разброса остатков одинакова. Вывод о величине дисперсии остатков, полученный визуально на графике, следует уточнить с помощью других тестов.

Другим наиболее распространенным методом обнаружения гетероскедастичности является тест Спирмена. Рассмотрим более подробно принцип его использования. Он предполагает, что дисперсия отклонений будет увеличи-

ваться либо уменьшаться при увеличении независимой переменной  $x$ . Поэтому для построенной по методу наименьших квадратов регрессии абсолютные значения отклонений  $\varepsilon_i$  и зависимой переменной  $x_i$  будут коррелированы. Значения  $x_i$  и  $\varepsilon_i$  ранжируются, и затем определяется коэффициент ранговой корреляции:

$$r_{x,|\varepsilon|} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Далее по таблице Стьюдента находим критическое значение  $t_{\alpha, n-1}$ , где  $\alpha = \frac{1-\gamma}{2}$  – уровень значимости. Расчетное значение t-статистики вычисляется по формуле:

$$t = \frac{r_{x,|\varepsilon|} \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{x,|\varepsilon|}^2}}$$

Затем сравниваются полученные значения: если  $t < t_{\text{крит}}$ , то на уровне значимости  $\alpha$  принимается гипотеза об отсутствии гетероскедастичности, в противном случае она принимается. Если модель содержит больше одной объясняющей переменной, то проверка гипотез проводится при помощи t-статистик для каждой из них отдельно.

Вернемся к нашему примеру и проведем тест Спирмена для исходных данных. Подставляя расчеты в формулу коэффициента ранговой корреляции, получим следующее значение:

$$r_{x,|\varepsilon|} = 1 - \frac{6 \cdot 16366}{40 \cdot (40^2 - 1)} = -0,53527.$$

Зная это, найдем расчетное значение t-статистики:

$$t = \frac{\sqrt{0,53527^2 (40-2)}}{\sqrt{1-0,53527^2}} = 3,9064.$$

По таблице находим граничную точку  $t_{\alpha, n-2} = t_{0,05,40-2} = 2,0244$ . Поскольку рассчитанное значение больше критического, то с вероятностью в 95% можно утверждать о гетероскедастичности остатков модели регрессии.

Обобщая, стоит еще раз отметить, что проблему гетероскедастичности можно предвидеть и попытаться устранить еще на этапе спецификации. Однако значительно чаще эту проблему приходится решать после построения уравнения регрессии. В данной статье был рассмотрен графический метод выявления гетероскедастичности и тест Спирмена. Оба метода показали наличие гетероскедастичности в исходных исследуемых данных.

#### Список цитированных источников

1. Харин, Ю.С. Экономическое моделирование / Ю.С. Харин, В.И. Малюгин, А.Ю. Харин. – Минск: БГУ, 2003.
2. Эконометрика и экономико-математические методы и модели: учеб. пособие / Г.О. Читая [и др.] ; под ред. Г.О Читая, С.Ф. Миксюк. – Минск : БГЭУ, 2018. – 511 с.
3. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 06.04.2020.



УДК 330.4(075.8)

**Ковальчук А. В.**

**Научный руководитель: Золотухина Л. С.**

## ПРОВЕРКА НА ГЕТЕРОСКЕДАСТИЧНОСТЬ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

На сегодняшний день прогнозирования социально-экономических явлений часто проводятся с применением методов прогнозирования, основанных на анализе временных рядов. Однако качество прогноза существенно снижается в случае нарушения третьего условия Гаусса-Маркова, а именно гомоскедастичность остатков модели. Для диагностики гетероскедастичности разработано довольно много тестов и критериев для них. К наиболее популярным тест Глейзера, тест Голдфелда-Квандта и тест Уайта.

**Таблица 1 – Исходные данные**

Дата	Расходы на конечное потребление государственных организаций в текущих ценах, млрд. руб.	Чистые налоги, млрд. руб.
1 квартал 2009	521,06	392,08
2 квартал 2009	579,71	409,80
3 квартал 2009	532,15	528,03
4 квартал 2009	654,76	600,55
1 квартал 2010	584,21	377,56
2 квартал 2010	682,60	472,97
3 квартал 2010	658,35	581,93
4 квартал 2010	805,94	654,43
1 квартал 2011	831,46	456,57
2 квартал 2011	940,84	795,20
3 квартал 2011	943,34	989,86
4 квартал 2011	1 416,30	1 377,97
1 квартал 2012	1 616,23	1 216,60
2 квартал 2012	1 951,71	1 711,03
3 квартал 2012	1 619,10	1 786,47
4 квартал 2012	2 242,31	2 018,22
1 квартал 2013	1 982,31	1 617,47
2 квартал 2013	2 232,71	2 016,55
3 квартал 2013	2 047,44	2 181,45
4 квартал 2013	2 744,76	2 142,53
1 квартал 2014	2 389,41	2 042,05
2 квартал 2014	2 737,21	2 191,63
3 квартал 2014	2 565,29	2 450,26
4 квартал 2014	3 391,18	2 716,18
1 квартал 2015	2 933,77	2 961,22
2 квартал 2015	3 339,08	3 000,05
3 квартал 2015	3 097,49	2 831,77
4 квартал 2015	4 045,79	3 149,49
1 квартал 2016	3 369,00	3 106,00
2 квартал 2016	3 900,20	3 354,60
3 квартал 2016	3 357,10	3 302,80
4 квартал 2016	4 236,20	3 171,80
1 квартал 2017	3 677,20	3 375,10
2 квартал 2017	4 229,60	3 450,60
3 квартал 2017	3 577,80	3 378,50
4 квартал 2017	5 068,00	3 803,20
1 квартал 2018	4 424,10	4 108,03
2 квартал 2018	4 865,80	4 367,33
3 квартал 2018	4 223,50	4 487,10
4 квартал 2018	5 739,10	4 570,64



Разберем эти тесты на примере. Все расчеты будут проводиться в программе EViews.

Рассмотрим методику проведения *теста Уайта*. Смысл теста состоит в следующем: если в модели дисперсия остатков каким-то образом зависит от регрессора, то это должно каким-то образом отразиться в остатках обычной регрессии исходной модели. Выдвигается две гипотезы:  $H_0$  – гомоскедастичность,  $H_1$  – гетероскедастичность. Далее последовательность действий следующая:

- 1) Оцениваются коэффициенты основной регрессии

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon.$$

- 2) Сохраняются остатки регрессии  $\hat{\varepsilon}_i$ ;

- 3) Оценивается регрессия квадратов остатков на все регрессоры, их квадраты, попарные произведения и константу:

$$\hat{\varepsilon}_i = \alpha_1 + \sum_{i=2}^k \alpha_i X_i + \sum_{i=2}^k \beta_{i2} X_i^2 + \sum_{i,j=2, i < j}^k \gamma_{ij} X_i X_j + u.$$

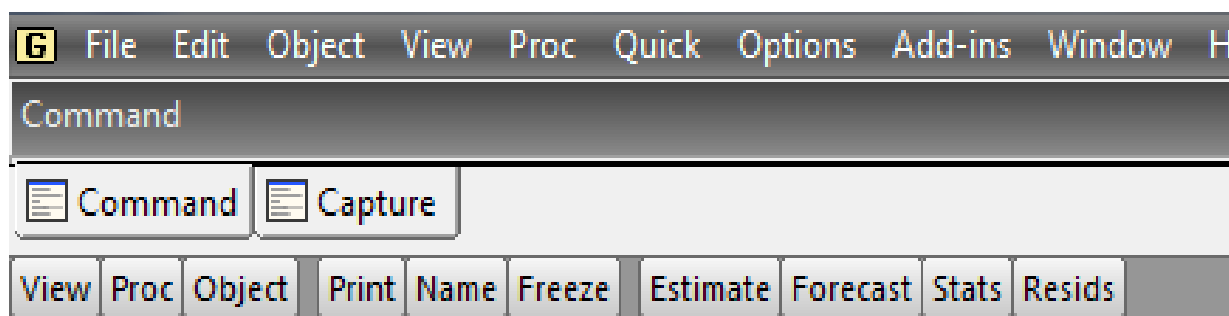
- 4) В последней оцененной регрессии находится коэффициент множественной детерминации  $R^2$ ;

- 5) Вычисляется тестовая статистика по формуле  $nR^2$ . При выполнении нулевой гипотезы тестовая статистика имеет распределение «хи-квадрат» с  $m-1$  степенями свободы;

- 6) Сравнивается полученное значение тестовой статистики с критическим  $\chi^2_{\alpha}(m-1)$ . Если значение тестовой статистики выше критического, отвергается нулевая гипотеза.

Преимуществом теста Уайта является его универсальность, однако он не является конструктивным. Если гетероскедастичность выявлена, то тест Уайта не указывает на функциональную форму гетероскедастичности.

Проведем тест Уайта для нашей модели регрессии при помощи программы EViews. Результаты вычислений представлены на рисунке 1.



#### Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	9.642029	Prob. F(2,37)	0.0004
Obs*R-squared	13.70481	Prob. Chi-Square(2)	0.0011
Scaled explained SS	16.75742	Prob. Chi-Square(2)	0.0002

**Рисунок 1 – Результаты проведения теста Уайта**

Значение F-статистики 9,642 выше критического уровня, поскольку  $PF=0,004 < 0,05$ , следовательно, остатки модели гетероскедастичны.

Применение *теста Глейзера*, основывается оценивании регрессионной зависимости модулей отклонений  $|\varepsilon_i|$  от функциональных форм каждого регрессора:

$$|\hat{\varepsilon}| = \alpha + \beta X_j + u; \quad |\hat{\varepsilon}| = \alpha + \beta \sqrt{X_j} + u; \quad |\hat{\varepsilon}| = \alpha + \frac{\beta}{X_j} + u; \quad j \in 2, \dots, k.$$

Если согласно t-статистике коэффициент  $\beta$  значим хотя бы в одной из трех регрессий, то имеет место гетероскедастичность.

Возвращаясь к примеру, проверим остатки модели на гомоскедастичность с помощью теста Глейзера. Результат представлен на рисунке 2.

Heteroskedasticity Test: Glejser				
F-statistic	18.71055	Prob. F(1,38)	0.0001	
Obs*R-squared	13.19723	Prob. Chi-Square(1)	0.0003	
Scaled explained SS	15.19092	Prob. Chi-Square(1)	0.0001	
Test Equation:				
Dependent Variable: ARESID				
Method: Least Squares				
Date: 04/12/20 Time: 13:22				
Sample: 1 40				
Included observations: 40				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	28.16124	54.29222	0.518697	0.6070
NALOGI	0.092185	0.021312	4.325569	0.0001
R-squared	0.329931	Mean dependent var	231.3030	
Adjusted R-squared	0.312297	S.D. dependent var	207.7625	
S.E. of regression	172.2929	Akaike info criterion	13.18498	
Sum squared resid	1128025	Schwarz criterion	13.26942	
Log likelihood	-261.6995	Hannan-Quinn criter.	13.21551	
F-statistic	18.71055	Durbin-Watson stat	2.537217	
Prob(F-statistic)	0.000106			

**Рисунок 2 – Результат проведения теста Глейзера**

Сравнивая рассчитанную t-статистику с табличной (табличное значение критерия Стьюдента, соответствующее доверительной вероятности  $\gamma=0,95$  и числу степеней свободы  $v = n-m-1 = 40-1-1=38$ , равно  $t_{\text{крит}} = 2,024$ ), получаем, что коэффициент при переменной  $x$  является статистически значимым. Это свидетельствует о наличии в модели гетероскедастичности.

Одним из наиболее популярных тестов является *тест Голдфелда-Квандта*. Как правило, его применяют, когда есть предположение о прямой зависимости дисперсии ошибки от величины независимой переменной в линейной модели. Для проведения этого теста предполагается, что стандартное отклонение  $\sigma_i = \sigma(\varepsilon_i)$  пропорционально значению переменной  $x$  в этом наблюдении:  $\sigma_i^2 = \sigma^2 x_i^2$ , также предполагается, что остатки имеют нормальное распределение и автокорреляция отсутствует. Все  $n$  наблюдений упорядочивают по величине  $x$ . Упорядоченная выборка делится примерно на три равные части объемом  $k$ ,  $n-2k$ ,  $k$  соответственно. Например, при  $n=30$ ,  $k=11$ , при  $n=60$ ,  $k=22$ . Для каждой из выборок объема  $k$  оценивается свое уравнение

регрессии и находятся суммы отклонений  $S_1 = \sum_{i=1}^k e_i^2$  и  $S_3 = \sum_{i=n-k+1}^n e_i^2$  соответственно. Далее по F-таблице находится критическое значение  $F_{\alpha, k-m-1}$ , где

$\alpha = 1 - \gamma$  – уровень значимости,  $m$  – число факторов модели. Статистика  $F = \frac{S_2}{S_1}$ , при  $S_3 > S_1$  и  $F = \frac{S_1}{S_2}$ , при  $S_3 < S_1$ . Если расчетное значение меньше критического, то на уровне значимости  $\alpha$  принимается гипотеза об отсутствии гетероскедастичности, в противном случае гипотеза об отсутствии гетероскедастичности принимается.

В случае множественной регрессии тест проводят для каждого фактора или для того фактора, который наиболее тесно связан с  $\sigma_i$ .

Проверим остатки модели в нашем примере по тесту Голдфелда-Квандта:

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey				
F-statistic	14.90495	Prob. F(1,38)	0.0004	
Obs*R-squared	11.26923	Prob. Chi-Square(1)	0.0008	
Scaled explained SS	13.77934	Prob. Chi-Square(1)	0.0002	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-48389.98	43113.18	-1.122394	0.2687
NALOGI	65.33605	16.92340	3.860693	0.0004

R-squared	0.281731	Mean dependent var	95587.17
Adjusted R-squared	0.262829	S.D. dependent var	159351.4
S.E. of regression	136817.0	Akaike info criterion	26.53938
Sum squared resid	7.11E+11	Schwarz criterion	26.62383
Log likelihood	-528.7876	Hannan-Quinn criter.	26.56991
F-statistic	14.90495	Durbin-Watson stat	2.407428

**Рисунок 10 – Результат проведения теста Голдфелда-Квандта**

Сравним рассчитанную t-статистику с табличной:  $t_{\text{расч}}=3,861 > t_{\text{крит}}=2,024$ , это говорит о значимости коэффициента при независимой переменной  $x$ . Что в свою очередь свидетельствует о гетероскедастичности остатков в модели регрессии.

Таким образом, наличие гетероскедастичности не позволяет получить эффективные оценки, что зачастую приводит к необоснованным выводам по их качеству. Обнаружение гетероскедастичности достаточно трудоемкая проблема, и для ее решения разработано несколько методов. Все они используют в качестве нулевой гипотезы  $H_0$  гипотезу об отсутствии гетероскедастичности. В работе были рассмотрены три теста, позволяющие определить наличие гетероскедастичности в остатках. Все они показали, что в остатках исходных исследуемых данных присутствует гетероскедастичность. Для дальнейшего эффективного прогнозирования по исследуемой регрессионной модели необходима ее корректировка и устранение гетероскедастичности.

#### Список цитированных источников

1. Харин, Ю.С. Экономическое моделирование / Ю.С. Харин, В.И. Малюгин, А.Ю. Харин. – Мн.: БГУ, 2003.
2. Эконометрика и экономико-математические методы и модели: учеб. пособие / Г.О. Читая [и др.] ; под ред. Г.О Читая, С.Ф. Миксюк. – Минск : БГЭУ, 2018. – 511 с.
3. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 06.04.2020.

УДК 004.514.62

**Кузьменко А. А.**

**Научные руководители: к.т.н., доцент Костюк Д. А.,  
ассистент Маркина А. А.**

## **ПОДХОД К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ОЖИДАНИЙ И УРОВНЯ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА**

Одной из ведущих функций дизайна является снижение возможности ошибки оператора в процессе его трудовой деятельности, а также снижение вероятности возникновения экстремальной ситуации и уменьшения фактора риска. Если такая ситуация наступила, объект должен корректно поставлять данные о своем состоянии сигналами обратной связи, которые корректируют оперативные образы и обеспечивают адекватность следующим действиям [1].

Схема взаимодействия оператора с системой по Д. Норману [2] показывает, что мыслительные процессы занимают большую часть времени человеко-машинного взаимодействия. Из этого следует, что повышение скорости умственных процессов может значительно повысить скорость работы оператора. Хотя и нельзя изменить собственную скорость умственных процессов пользователя, однако можно повысить скорость обработки информации, анализируя факторы, которые их замедляют.

Скорость и надежность работы можно определить измерением затрат времени и фиксацией ошибок; однако это дает только косвенную объективную оценку без понимания истоков проблем и затруднений. Учет субъективных показателей пользователей может предоставить дополнительную информацию по этим вопросам. К числу таких показателей относятся уровень ожидания и уровень удовлетворенности пользователя.

Удовлетворенность программным или аппаратным продуктом — это субъективная оценка его качества, поэтому рассмотрим более подробно само понятие качества программных продуктов. В качестве одного из факторов качества программных продуктов Дж. Макколлом было впервые введено понятие «юзабилити» (usability), дословно переводимое с английского, как «пригодность к использованию» [3]. Дж. Макколл определял юзабилити как совокупность удобства управления (operability), простоты изучения (training) и удобства использования вместе с другими продуктами (communicativeness).

Юзабилити традиционно оценивается на основе таких показателей, как результативность, производительность и удовлетворенность пользователя при работе с ним. Однако если первые два критерия достаточно четко операционализированы и описаны в специальной литературе, то единое понимание природы удовлетворенности программным продуктом, ее детерминант и адекватных методов исследования пока еще не сложилось [4].

Удовлетворенность средством или продуктом труда, т. е. высокая «субъективная оценка его качества» [5], отражает личностное отношение к нему пользователя. Оно формируется на основании предшествующего опыта взаимодействия человека с определенным объектом, в ходе которого у него неоднократно возникали состояния комфорта и удовлетворения. Таким образом, в содержательном плане удовлетворенность проявляется в комплексе позитивно окрашенных эмоционально-потребностных переживаний [6].

Так как удовлетворенность является чувством субъекта по отношению к объекту, она недоступна для прямого измерения техническими средствами, однако может быть оценена количественно. Для оценки удовлетворенности программным продуктом могут использоваться следующие методы:

- косвенные методы оценки удовлетворенности: анализ статистики изменения коррелятов удовлетворенности, структурированное наблюдение за эмоциональными проявлениями пользователя, регистрация психофизиологических показателей и глазодвигательной активности;

- методы прямой оценки удовлетворенности: интервью, контент-анализ, субъективное шкалирование и тест-опросники [3].

Существует следующий список основных юзабилити-опросников:

- After Scenario Questionnaire (ASQ);
- Microsoft Desirability Toolkit (MDT);
- Single Ease Question (SEQ);
- Sumi-Software Usability Measurement Inventory (SUMI);
- Standardized User Experience Percentile Rank Questionnaire (SUPR-Q);
- System Usability Scale (SUS);
- Post-Study System Usability Questionnaire (PSSUQ);
- Questionnaire for User Interface Satisfaction (QUIS).

Рассмотрим подробнее каждый из них.

**After Scenario Questionnaire (ASQ)** – анкета после сценария. Это комплексный показатель сложности решения задачи. Высчитывается на основе ответов на вопросы об удовлетворенности уровнем сложности, потраченным временем на решение, поддержкой. Вопросы задаются после выполнения пользователем действий по сценарию. Методология состоит из трех вопросов для оценки сложности восприятия пользователем задачи в тесте на удобство использования. Этот опрос, разработанный Дж. Р. Льюисом в 1995 году, популярен благодаря простоте. В частности, он охватывает рейтинг легкости выполнения задачи, время, которое потребовалось для выполнения задачи, и уровень поддержки, полученной на протяжении всего процесса [7].

**Microsoft Desirability Toolkit.** Инструментарий Microsoft Desirability Toolkit [7] состоит из 118 карточек со словами, описывающими реакцию пользователя на программу. После тестирования участникам вручается колода карт и дается задание выбрать пять слов, которые лучше всего описывают использованный программный продукт.

Преимущество этой методологии в том, что она вводит для участников контролируемый лексикон, избегая естественной изменчивости выбора слов при произвольной форме качественной оценки, проблематичной с точки зрения анализа данных. В совокупности слова охватывают широкий спектр возможных реакций на функции, начиная от визуальной привлекательности дизайна и функциональности до пользователя в целом.

**Single Ease Question (SEQ)**, единственный простой вопрос – это 7-балльная рейтинговая шкала, используемая для оценки того, насколько сложно или просто пользователи находят определенную задачу на веб-сайте или в приложении. SEQ является важной частью тестирования юзабилити. Вместо того, чтобы измерять общее удобство использования интерфейса или прототипа, SEQ измеряет воспринимаемую сложность выполнения конкретной задачи с точки зрения пользователя. SEQ разработан для того, чтобы быть

детализированным, поскольку он зависит от конкретной задачи. Конечно, как и во многих простых опросах, необходимо изучить ответы тестируемых в контексте, чтобы получить действенные результаты.

**Sumi-Software Usability Measurement Inventory (SUMI).** Это инструмент для оценки удовлетворенности от взаимодействия «человек-машина», то есть скорее применим для тестов оборудования. Опрос проводится после теста. Похож на QUIS, но включает 50 вопросов. SUMI также использовался для тестирования требований к пользовательскому опыту со стороны поставщиков программного обеспечения. Кроме этого, данный опросник позволяет измерять некоторые ориентированные на пользователя требования, изложенные в Европейской директиве о минимальных требованиях к охране труда и технике безопасности при работе с оборудованием экрана дисплея.

**Standardized User Experience Percentile Rank Questionnaire (SUPR-Q).** Стандартизированная анкета для пользователей (SUPR-Q) используется преимущественно для оценки сайтов. Он включает в себя 8 вопросов, которые позволяют комплексно оценить качество пользовательского опыта. С помощью SUPR-Q можно оценить четыре аспекта пользовательского опыта: доверие, лояльность, внешнюю привлекательность и удобство. Результаты по вопросам об удобстве коррелируют с баллами рассмотренной ниже шкалы SUS, а один из вопросов о лояльности – это метрика NPS. Чтобы рассчитать итоговый балл SUPR-Q, достаточно усреднить результаты по всем вопросам, а затем перевести их в 100-балльную шкалу. С помощью данного опросника можно узнать, например, что пользователей устраивает внешний вид сайта, но информация на нем не вызывает доверия.

**System Usability Scale (SUS),** шкала юзабилити системы – выпущена Дж. Бруком в 1986 году. Она была первоначально создана для администрирования после юзабилити-тестов в таких системах, как приложения VT100 Terminal. SUS является независимым от технологии и с тех пор тестируется на аппаратном, потребительском программном обеспечении, веб-сайтах, мобильных телефонах, системах предварительно записанных голосовых сообщений, выполняющих функцию маршрутизации звонков [8] и др.

**Post-Study System Usability Questionnaire (PSSUQ),** опросник по юзабилити системы после обучения – исследовательский инструмент, разработанный в IBM для оценки удобства использования на основе сценариев. Он включает 19 пунктов, предназначенных для оценки характеристик юзабилити системы: быстрого завершения работы, простоты обучения, качества документации. Данная методика позволяет оценить уровень удовлетворенности конечных пользователей после работы с системой [3].

**Questionnaire for User Interface Satisfaction (QUIS),** анкета удовлетворения пользовательского интерфейса – вопросник для оценки удовлетворенности пользователей сайта, является более диагностическим методом, чем SUS, и будет полезен, если планируется редизайн веб-ресурса. Опросник состоит из 27 пунктов. QUIS позволяет определить читабельность символов, полезность онлайн-справки и значимость сообщений об ошибках. Оценка по этим шкалам производится пользовательскими рейтингами определенных системных атрибутов, таких как определение символов, контрастность, шрифт и интервалы для шкалы читабельности символов [9].

После теоретического анализа литературы авторами было принято решение предложить для комплексного исследования уровня ожиданий и уровня

удовлетворенности человека-оператора следующие юзабилити-опросники: для выявления уровня субъективных ожиданий пользователя от программного продукта – SUS; для оценки реакций пользователей на эстетические качества интерфейса – инструментарий Microsoft Desirability Toolkit; для оценки удобства использования программного продукта – PSSUQ [10].

#### **Список цитированных источников**

1. Маркина, А. А. Влияние современного дизайна на механизм принятия решения в ходе работы человека-оператора // Роль социально-гуманитарных дисциплин в формировании мировоззрения и профессиональной культуры будущего специалиста [Электронный ресурс] : электрон. сб. материалов межвуз. студен. науч.-практ. конф. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест, 15 нояб. 2018. – С. 54-57.
2. Норманн, Д. Дизайн привычных вещей : пер. с англ. – М. : Вильямс, 2006. – 384 с.
3. Tullis, T. Measuring the User Experience Collection, Analyzing and Presenting Usability Metrics / T. Tullis, W. Albert. – Morgan Kaufmann, 2013. – 320 p.
4. Spielberger, C.D. Anxiety: Current trends in theory and research. N.Y., 1972. Vol. 1. P. 24-55.
5. Большой психологический словарь / под ред. В.П. Зинченко, Б.Г. Мещерякова. – СПб.: Прайм Еврознак, 2006. — 672 с.
6. Рубинштейн, С.Л. Основы общей психологии / С.Л. Рубинштейн. – Санкт-Петербург : Питер, 2002. – 720 с. : ил. – (Мастера психологии)
7. Lewis, J. R. IBM computer usability satisfaction questionnaires – Psychometric evaluation and instructions for use. International Journal of Human-Computer Interaction, #7, 1995. – 57–78 p.
8. Yerkes, R.M. The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation // Journal of comparative neurology and psychology / R.M. Yerkes, J.D. Dodson. – 1908. – Т. 18. – С. 459-482.
9. Chin, J.P. Development of an instrument measuring user satisfaction of the human-computer interface / J.P. Chin, V.A. Diehl, K.L. Norman // Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '88). ACM. – 1988. – P. 213-218.
10. Kuzmenko, A.A. Assessing the impact of ergonomic manipulators on the cursor control / A.A. Kuzmenko, S.G. Khomiuk, A.A. Markina, A.A. Rabchuk // Новые горизонты – 2019: сб-к матер. Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума. – Минск, 12-13 ноября 2019 г. – С. 124-126.

УДК 004.89

*Малич С. Г.*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент кафедры ИИТ Крапивин Ю. Б.*

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА АКТУАЛИЗАЦИИ НАПОЛНЕНИЯ ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТЕКСТА**

На сегодняшний день развитие сферы информационных технологий (ИТ) набирает обороты. Разработки из этой области стараются внедрять повсеместно. Следовательно, возникает необходимость в каком-то диалоге между человеком и машиной. На помощь приходят средства обработки текстов. Но делать это вручную крайне долгий процесс. Безусловно, формируется спрос на программное обеспечение, которое сумело бы его автоматизировать.

Автоматическая обработка текста (АОТ) – преобразование текста на искусственном или естественном языке с помощью компьютера.

Основные задачи АОТ: распознавание речи, анализ текста, извлечение информации, информационный поиск, анализ высказываний, анализ тональности текста, вопросно-ответные системы, генерирование текста, синтез речи, задачи анализа и синтеза в комплексе, машинный перевод, автоматическое реферирование, аннотирование или упрощение текста.

В качестве примера, реализующих задачи АОТ, можно привести систему информационного поиска Google [1] и Yandex [2].

Информационный поиск – это действия, методы и процедуры, позволяющие осуществлять отбор определенной информации из массива данных (согласно ГОСТ 7.73.96 «Поиск и распространение информации. Термины и определения»), т. е. классический информационный поиск – поиск документов, удовлетворяющих запросу в некоторой коллекции документов [3].

На данный момент данная тема набирает популярность, т. к. появляется необходимость в переводе информации в электронный формат. Также это довольно актуально для создателей искусственного интеллекта (ИИ) в связи с возникновением необходимости в поддержании диалога с ИИ-системой.

АОТ играет немаловажную роль и в нашей повседневной жизни. Примером этому может являться помощник набора текста для мобильной клавиатуры, который подсказывает возможные варианты слов, основываясь на написанном ранее.

Как правило, неотъемлемой компонентой системы АОТ является лингвистическая база данных (ЛБД). Она представляет собой источник данных, который служит для хранения и эффективного использования исходной, промежуточной и конечной информации о естественных языках (ЕЯ) объектах и их отношениях. ЛБД может быть реализована как реляционная структура (данные представляются в виде таблиц и их отношений), для которой существует эффективный алгоритм оптимизации, что позволяет достаточно легко решать задачи добавления, изменения и поиска информации.

Основными компонентами ЛБД являются [4]:

- классификаторы лексико-грамматических, синтаксических и семантических свойств ЕЯ; их состав зависит от конкретных свойств ЕЯ и от характера приложения, определяющего степень детализации лингвистического анализа текста;

- базовый (эталонный) словарь; он реализуется в виде словаря словоформ ЕЯ и включает максимально возможное их количество; при этом для каждой словоформы указаны все ее возможные вне контекста лексико-грамматические классы (ЛГК); классические базовые словари (БС), например русского и белорусского языков – более одного миллиона словоформ;

- базовый (эталонный) корпус текстов (БКТ); реализуется в виде определенным образом подобранных текстов, причем как минимум каждому слову текста указан его единственный с точки зрения контекста ЛГК; БКТ предназначен прежде всего для получения количественных оценок языка, тестирования лингвистических гипотез и отдельных алгоритмов и систем автоматической обработки текста;

- лингвистические правила анализа (ЛПР) текста на различных уровнях глубины ЕЯ; такие правила, получаемые лингвистами-экспертами, являются основой разработки машинных алгоритмов для большинства этапов автоматического лингвистического анализа текста; совокупность этих правил, например, для лексико-грамматического и синтаксического анализа, составляет грамматику ЕЯ.



Неотъемлемой частью ЛБД являются словари. В них каждому слову соответствует не только лексическое, но и грамматическое значение, т. е. такие его характеристики, как например, часть речи, падеж, род, число, синтаксическая принадлежность.

Данные словари актуализируются экспертами-лингвистами. С этой целью применяются средства автоматизации, позволяющие, как в нашем случае, анализировать входной текст, далее, на основе морфологического разбора слова определять, каким членом предложения может быть то или иное слово. Разработанный инструмент позволяет в человеко-машинном режиме вносить в словари указанные характеристики и использовать их далее для правильного построения предложений.

Это позволяет выполнять обработку большого числа текстов за короткий интервал времени. Еще одно преимущество автоматизации процессов анализа (и составления словарей) состоит в том, что можно создать программное обеспечение, которое будет обучено на определенном количестве слов и далее самостоятельно сможет определять характеристики новых слов с какой-то вероятностью.

Такие программы могут быть разработаны для различных языков. Для этих целей используются специализированные библиотеки, так, например, в случае английского языка используется библиотека NLTK (Natural Language Toolkit) [5], а для русского, как в нашем случае, использовалась библиотека rymorphy2. Они имеют схожие функции. Так же можно совмещать их, так как NLTK содержит в себе функции, которые подходят для различных языков, например, в задаче разделения входного текста ЕЯ на предложения и слова. Rymorphy2 – это морфологический анализатор [6]. Он поддерживает не только русский язык, но, например, еще и украинский. Для работы необходимо лишь загрузить словари. Документация написана на русском языке, процесс установки не вызывает затруднений.

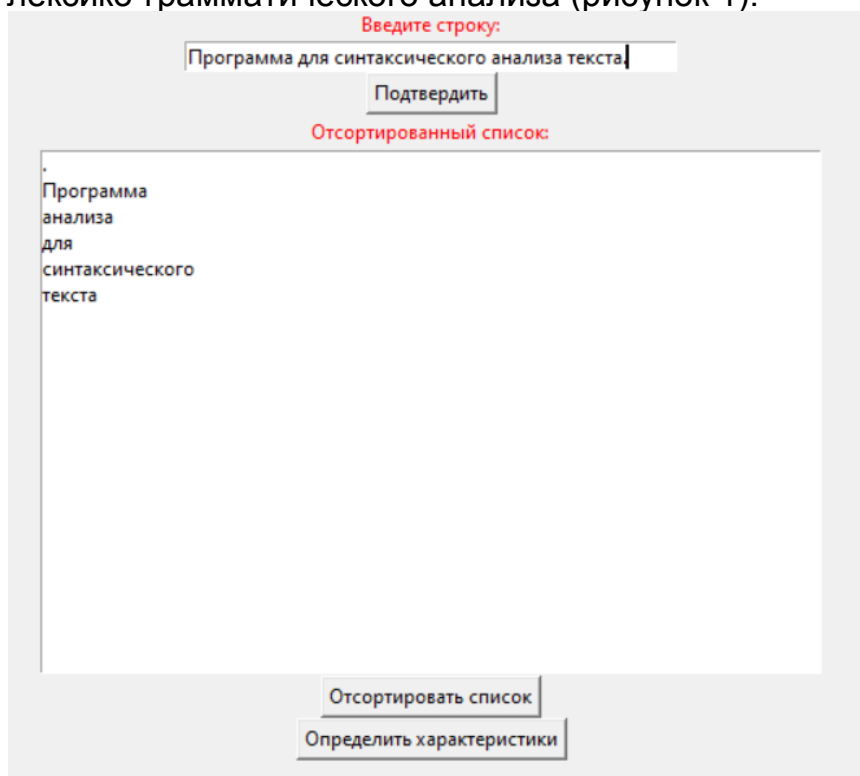
Наша программа разработана с помощью трех основных библиотек: NLTK, Rymorphy2 и Tkinter.

Tkinter – кросс-платформенная графическая библиотека на основе средств Tk, написанная Стином Лумхольтом и Гвидо ван Россумом. Входит в стандартную библиотеку Python. Tkinter — это свободное программное обеспечение, распространяемое под Python-лицензией.

Для реализации интерфейса с пользователем использовались следующие методы библиотеки Tkinter:

- Tk() – создание главного окна;
- Title() – создание заголовка;
- Geometry() – определение размера окна;
- Label() – создание объекта области для вывода;
- Button() – создание кнопки;
- Entry() – создание поля ввода;
- Scrollbar() – создание полосы прокрутки;
- Bind() – установление связи между кнопками и функциями их обработки;
- Pack() – размещение объектов;
- Config() – привязка прокрутки;
- Mainloop() – отображение главного окна.

В результате, разработанное приложение позволяет пользователю ввести фрагмент текста, который, далее, автоматически разделяется на токены, отсортированный список последних отображается в области вывода. Нажатие кнопки «Определить характеристики» позволяет запустить процедуры автоматического лексико-грамматического анализа (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Интерфейс с пользователем разработанного приложения**

В настоящее время задача пополнения словарей является актуальной и из-за необходимости обработки данных большого объема и требует совершенствования существующих инструментов, необходимых для ее решения.

#### **Список цитированных источников**

1. Google [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.google.com/>. – Дата доступа: 10.04.2020.
2. Yandex [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://yandex.by/>. – Дата доступа: 10.04.2020.
3. Основы информационного поиска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gpib.livejournal.com/>. – Дата доступа: 10.04.2020.
4. Автоматическая обработка текстов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lab314.brsu.by/kmp-lite/nlp/kmp/Theory/NLP.htm>. – Дата доступа: 16.04.2020.
5. Крапивин, Ю.Б. Лингвистическая составляющая в задаче автоматического распознавания заимствованных фрагментов / Ю.Б. Крапивин // Международный конгресс по информатике: информационные системы и технологии: материалы Международного науч. конгресса, Республика Беларусь, Минск, 24–27 октября. 2016 г. / редкол.: С.В. Абламейко (отв. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2016. – С. 553–557.
6. Natural Language Toolkit [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nltk.org/>. – Дата доступа: 14.04.2020.
7. Морфологический анализатор pymorphy2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pymorphy2.readthedocs.io/en/latest/>. – Дата доступа: 10.04.2020.

## **АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ПОДСЧЁТА ПАССАЖИРОПОТОКА ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА**

В современном мире, в крупных городах люди всё больше времени тратят на перемещение [1, с. 3]. Поэтому дорожный транспорт является существенной частью современного общества [2, с. 26; 3, с. 73; 4, с. 123]. Его рост, а также рост подвижности населения приводит к насыщению городских улиц и образованию заторов. Чтобы решить проблему координации и управления транспортными потоками, необходимо разгрузить перенасыщенные магистрали путем увеличения масштабов перевозок общественным транспортом [5, с. 84; 6, с. 10; 7, с. 12].

Существующие системы автоматизированного подсчета пассажиропотока в общественном транспорте обладают высокой стоимостью, высоким требованием к оборудованию, а также необходимостью установки большого комплекта датчиков на каждую дверь. Например, немецкий комплекс IRMA MATRIX стоит более 35000 евро за каждую дверь и требует специальной установки и обслуживания.

Для автоматического определения количества пассажиров, перевозимых единицей городского транспорта, существуют разнообразные способы.

При использовании видеокамеры подсчёт пассажиропотока может вестись как вручную, что очень нерационально, так и в автоматическом режиме с использованием специального программного обеспечения. При автоматическом подсчете чаще всего используется метод вычитания фона, т. к. камера в основном закреплена статично и неподвижно относительно транспортного средства. Подобный алгоритм обнаруживает изменения обстановки на изображении относительно запомненного изначально фонового изображения.

Разрабатываемая система может иметь различную физическую реализацию: запись камерой на внешний носитель для последующей обработки на компьютере, запись камерой с последующей передачей на сервер для обработки в режиме реального времени.

Условную архитектуру проекта можно разбить на несколько модулей, которые могут быть разбиты на подмодули:

- Обнаружение объекта – данный модуль служит для обнаружения новых объектов, попадающих в объектив камеры, повторного обнаружения “пропавших” из объектива камеры объектов и т. д. В данном модуле может использоваться один или несколько детекторов объектов (например, цветовой порог + выделение контура, Haar cascades, HOG + Linear SVM, SSDs, Faster R-CNNs, YOLO и т. д.).

- Отслеживание объекта – данный модуль служит для отслеживания обнаруженных объектов. Отслеживание обнаруженных объектов осуществляется с помощью отслеживания их центроидов. Дальнейшим этапом является измерение Евклидова расстояния для обнаружения новых объектов или перемещения существующих.

- Обработка видеозаписи – данный модуль служит для добавления на видеозапись найденных ID-объектов, количества вошедших-вышедших пассажиров и т. д. с последующим сохранением видеоряда.



### Список цитированных источников

1. Касьяник, В.В. Мобильный помощник водителя в выборе стратегии вождения // Искусственный интеллект. – Донецк: ИПИИ «Наука і освіта». – 2012. – № 3. – С. 253-259.
2. Shuts, Vasili Mobile Autonomous robots – a new type of city public transport / Vasili Shuts, Valery Kasyanik // Transport and Telecommunication. – 2011. – V. 12, No 4. – P. 52-60.
3. Пролиско, Е.Е. Математическая модель работы «ИНФОБУСОВ» / Е.Е. Пролиско, В.Н. Шуть // Матеріали VII-ої Українсько-польської науково-практичної конференції «Електроніка та інформаційні технології (ЕліТ-2015)», 27-30 серпня 2015 р. – Львів-Чинадієво, 2015. – С. 59-62.
4. Шуть, В.Н. Альтернативный метро транспорт на базе мобильных роботов / В.Н. Шуть, Е.Е. Пролиско // Штучний інтелект. – 2016. – № 2 (72). – С. 170-175.
5. Шуть, В.Н. Алгоритм организации городских пассажирских перевозок посредством рельсового беспилотного транспорта "Инфобус" / В.Н. Шуть, Е.В. Швецова // ACTUAL PROBLEMS OF FUNDAMENTAL SCIENCE: third international conference. – Луцк: Вежа-Друк, 2019. – С. 222-226.
6. Shuts, V. Cassette robotized urban transport system of mass conveying passenger based on the unmanned electric cars / V. Shuts, A. Shviatsova // Science. Innovation. Production. Proceedings of the 6<sup>th</sup> Belarus-Korea Science and Technology Forum. – MINSK: BNTU, 2019. – С. 81-83.
7. Shuts, V. System of urban unmanned passenger vehicle transport / V. Shuts, A. Shviatsova // ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference. – Ternopol: TNTU, 2019. – С. 172-184.

УДК 004.056.5

**Муха А. А.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Ипатова О. В.**

### СОСТАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Появление новых информационных технологий и развитие мощных компьютерных систем хранения и обработки информации повысили уровень её защиты. При этом необходимость эффективной защиты информации растёт вместе со сложностью архитектуры хранения данных. Необходимость защиты информации сделала средства обеспечения информационной безопасности одной из обязательных характеристик информационной системы. В Республике Беларусь существует ряд мероприятий в сфере информационной безопасности, среди которых можно выделить такие важные, как: **лицензирование, сертификация, декларирование, экспертиза и аттестация.**

Отношения в области **лицензирования** деятельности по технической и (или) криптографической защите информации в Республике Беларусь регулируются Положением о лицензировании отдельных видов деятельности, утвержденным Указом Президента Республики Беларусь от 1 сентября 2010 г. № 450 «О лицензировании отдельных видов деятельности» (далее – Положение) [1]. Особенности лицензирования деятельности по технической и (или) криптографической защите информации изложены в главе 21 Положения.

Лицензирующим органом, осуществляющим лицензирование деятельности по технической и (или) криптографической защите информации (далее – лицензируемая деятельность), является Оперативно-аналитический центр при Президенте Республики Беларусь (далее – ОАЦ).

Лицензируемая деятельность осуществляется лишь юридическими лицами Республики Беларусь и включает следующие работы и услуги, указанные в пункте 13 приложения к Положению:

- разработка, производство технических и программных средств обработки информации в защищённом исполнении, технических, программных, программно-аппаратных средств защиты информации и контроля её защищённости, средств криптографической защиты информации;

- проведение специальных исследований технических средств;

- проектирование, создание систем защиты информации на объектах информатизации, предназначенных для проведения работ с использованием государственных секретов;

- проектирование, создание, аттестация систем защиты информации информационных систем, предназначенных для обработки информации, распространение и (или) предоставление которой ограничено, не отнесенной к государственным секретам;

- аттестация объектов информатизации, предназначенных для проведения работ с использованием государственных секретов;

- проектирование, создание аудит-систем информационной безопасности критически важных объектов информатизации;

- проведение работ по выявлению специальных технических средств, предназначенных для негласного получения информации;

- удостоверение формы внешнего представления электронного документа на бумажном носителе;

- оказание услуг по распространению открытых ключей проверки электронной цифровой подписи.

Под информацией, для осуществления деятельности по технической и (или) криптографической защите которой требуется получение лицензии, понимается информация: распространение и (или) предоставление которой ограничено; обрабатываемая на критически важных объектах информатизации; обрабатываемая в информационных системах в форме электронных документов.

*Не требуется получения лицензии для выполнения работ по технической и (или) криптографической защите информации, если эти работы выполняются для собственных нужд обладателем информации, распространение и (или) предоставление которой ограничено, собственником (владельцем) информационных систем и критически важных объектов информатизации.*

Лицензируемая деятельность осуществляется только государственными юридическими лицами Республики Беларусь и хозяйственными обществами, 100 процентов акций (долей в уставных фондах) которых принадлежат Республике Беларусь, по следующим составляющим её работам и (или) услугам:

- аттестация объектов информатизации, предназначенных для проведения работ с использованием государственных секретов, если владельцем соответствующего объекта информатизации является государственный орган или государственная организация, а также хозяйственное общество, 50 и более процентов акций (долей в уставном фонде) которого находится в собственности Республики Беларусь и (или) её административно-территориальных единиц;

- проведение работ по выявлению специальных технических средств, предназначенных для негласного получения информации.

*Перед выпуском в обращение на рынке средства защиты информации должны быть подвергнуты процедуре подтверждения соответствия требовани-*

ям информационной безопасности технического регламента Республики Беларусь «Информационные технологии. Средства защиты информации. Информационная безопасность», утверждённый постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 15 мая 2013 г. № 375 (далее – ТР 2013/027/ВУ), вступившего в силу 1 января 2014 г. [2]. Согласно регламенту устанавливаются две формы подтверждения соответствия: в форме **сертификации и декларирования соответствия**.

Технологии защиты информации и информационной безопасности идут следом за информационными технологиями. Все чаще мы должны обеспечить защищённость информационных продуктов и систем зарубежного производства, о которых нам известны только их потребительские характеристики. Упомянутый выше регламент устанавливает базовые требования информационной безопасности к средствам защиты информации. Потребительские функции средств защиты информации определяются в зависимости от назначения и условий эксплуатации объекта защиты. Как правило, показатели и нормы защищённости информации закрепляются на национальном уровне. В связи с этим требования к функциям защиты средств защиты информации устанавливаются в национальных стандартах.

Подтверждению соответствия требованиям информационной безопасности технического регламента *путём сертификации* подлежат средства защиты информации, которые будут использоваться для: технической защиты *государственных секретов*; создания систем защиты информации информационных систем, предназначенных для обработки информации, распространение и (или) предоставление которой *ограничено*; создания систем безопасности *критически важных объектов* информатизации; обеспечения целостности и подлинности *электронных документов в государственных информационных системах* [2, п. 3]. В остальных случаях подтверждение соответствия средств защиты информации требованиям информационной безопасности технического регламента ТР 2013/027/ВУ проводится *путём декларирования соответствия* [2, п. 4].

Соответствие средств защиты информации ТР 2013/027/ВУ обеспечивается выполнением требований информационной безопасности технического регламента непосредственно либо выполнением требований госстандартов, определённых приказом ОАЦ от 17 декабря 2013 г. № 94 «О перечне технических нормативных правовых актов, взаимосвязанных с техническим регламентом ТР 2013/027/ВУ» [3].

Срок действия сертификата соответствия при сертификации серийно выпускаемой продукции – 5 лет. В случае сертификации партии продукции – сертификат соответствия выдается на время срока годности продукции либо её реализации или без ограничения срока при возможности однозначной идентификации каждой единицы сертифицированной продукции [4, п. 23.3]. Хранение же документов проверки должно осуществляться в течение не менее 10 лет со дня снятия с производства средств защиты информации (изготовителем) или со дня реализации последнего изделия из партии (импортёром) [2, п. 10].

В соответствии с Законом Республики Беларусь «Об информации, информатизации и защите информации» 2008 г. [5] для создания системы защиты информации используются средства защиты информации, имеющие *сертификат соответствия*, выданный в Национальной системе подтверждения

соответствия Республики Беларусь, или *положительное экспертное заключение по результатам государственной экспертизы*, порядок проведения которой определяется Положением о порядке проведения государственной экспертизы средств технической и криптографической защиты информации, утверждённое приказом ОАЦ от 26 августа 2013 г. № 60 [6].

В соответствии с пунктом 2 Положения о экспертизе государственная экспертиза (далее – экспертиза) средств технической и криптографической защиты информации (далее – продукция) – оценка соответствия продукции *требованиям по технической и криптографической защите информации, которые техническими нормативными правовыми актами Республики Беларусь не установлены*, в целях подготовки экспертного заключения по использованию (применению) данной продукции [6, п. 2]. Объектами экспертизы выступают средства технической и криптографической защиты информации, за исключением средств шифрованной, других видов специальной связи и криптографических средств защиты государственных секретов. Экспертиза продукции проводится ОАЦ по инициативе заявителя.

Экспертиза средств криптографической защиты информации проводится на соответствие требованиям по криптографической защите информации, содержащимся в *документации изготовителя и (или) определяемым органом государственной экспертизы* [6, п. 4]. При этом для проведения экспертизы средств *криптографической защиты информации заявитель по согласованию с органом государственной экспертизы определяет требования*, на соответствие которым проводится экспертиза [6, п. 5]. Срок действия **экспертного заключения** на продукцию составляет: для средств криптографической защиты информации – 5 лет; для средств технической защиты информации – 2 года [6, п. 32].

**Аттестация систем защиты информации** проводится в соответствии с Положением о порядке аттестации систем защиты информации информационных систем, предназначенных для обработки информации, распространение и (или) предоставление которой ограничено, не отнесенной к государственным секретам, утверждённым ОАЦ 30 августа 2013 г. № 62 [7]. Под аттестацией системы защиты информации информационной системы (далее – аттестация) понимается комплекс организационно-технических мероприятий, в результате которых документально *подтверждается соответствие требованиям законодательства об информации, информатизации и защите информации, в частности, требованиям по защите информации от утечки по техническим каналам* [7, п. 2].

Аттестацию систем защиты информации проводят организации, имеющие соответствующее специальное разрешение (лицензию) ОАЦ. Собственники (владельцы) информационных систем, имеющие в своём составе *подразделения технической защиты информации* или иные подразделения (должностных лиц), выполняющие функции по технической и (или) криптографической защите информации, *вправе самостоятельно проводить аттестацию систем защиты информации этих информационных систем* [7, п. 3]. 7. *Наличие аттестата* соответствия является *обязательным условием* для обработки информации, распространение и (или) предоставление которой ограничено в течение установленного в нем срока [7, п. 7].

Аттестация вновь создаваемой системы защиты информации осуществляется *до ввода информационной системы в эксплуатацию* [7, п. 6]. В связи с



тем, что аттестация проводится до ввода системы в эксплуатацию, допускается ввод объекта в опытную эксплуатацию. Основанием для эксплуатации информационной системы является наличие аттестата соответствия требованиям по защите информации.

Аттестация предусматривает комплексную проверку (аттестационные испытания) защищаемых объектов *в реальных условиях эксплуатации* информационной системы с целью оценки соответствия использованного комплекса мер и средств защиты требуемому уровню безопасности информации [7, п. 8]. К аттестуемым объектам информатизации относятся: системы защиты информации; выделенные помещения, предназначенные для ведения секретных переговоров или в которых находятся средства конфиденциальной телефонной связи; средства вычислительной техники, используемые для обработки информации, отнесенной к государственным секретам.

Законодательством Республики Беларусь предусмотрено достаточно большое число процедур по защите информации, среди которых: лицензирование деятельности по технической и (или) криптографической защите информации (не требуется получения лицензии для выполнения работ по данной защите информации для собственных нужд), сертификация средств защиты наиболее важной информации (государственных секретов, электронных документов, критически важных объектов информатизации; информации государственных информационных систем; информации, распространение и предоставление которой ограничено; в остальных случаях – декларирование соответствия), проведение государственной экспертизы (в отношении защиты продукции, требования к которой техническими нормативными правовыми актами не установлены), аттестация средств защиты информации и иных объектов информатизации в реальных условиях перед вводом в эксплуатацию на самом предприятии, организации.

#### **Список цитированных источников**

1. Положение о лицензировании отдельных видов деятельности [Электронный ресурс] : утв. Указом Президента Респ. Беларусь, 1 сент. 2010 г., № 450 : в ред. от 31 дек. 2019 г. № 499// Эталон-Беларусь / Нац. цент правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.

2. Технический регламент Республики Беларусь «Информационные технологии. Средства защиты информации. Информационная безопасность» (ТР 2013/027/ВУ) [Электронный ресурс] : утв. пост. Совета Министров Респ. Беларусь, 15 мая 2013 г., № 375 // Эталон-Беларусь / Нац. цент правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.

3. О перечне технических нормативных правовых актов, взаимосвязанных с техническим регламентом ТР 2013/027/ВУ [Электронный ресурс] : приказ Оперативно-аналитического центра при Президенте Респ. Беларусь, 17 дек. 2013 г. № 94 : в ред. от 30 марта 2018 г. № 41 // Эталон-Беларусь / Нац. цент правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.

4. Единый перечень административных процедур, осуществляемых государственными органами и иными организациями в отношении юридических лиц и индивидуальных предпринимателей [Электронный ресурс] : утв. пост. Совета Министров Респ. Беларусь от 17 февр. 2012 г. № 156 6 в ред. от 24 апр. 2020 г. № 254 // Эталон-Беларусь / Нац. цент правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.

5. Об информации, информатизации и защите информации [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь от 10 нояб. 2008 г., № 455-3 : в ред. от 11 мая 2016 г. № 362-3 // Эталон-Беларусь / Нац. цент правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.

6. Положение о порядке проведения государственной экспертизы средств технической и криптографической защиты информации [Электронный ресурс] : утв. приказом Оперативно-аналитического центра при Президенте Респ. Беларусь от 26 авг. 2013 г. № 60 : в ред. от // Эталон-Беларусь / Нац. цент правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.

7. Положение о порядке аттестации систем защиты информации информационных систем, предназначенных для обработки информации, распространение и (или) предоставление которой ограничено, не отнесенной к государственным секретам [Электронный ресурс] : утв. приказом Оперативно-аналитического центра при Президенте Респ. Беларусь, 30 авг. 2013 г. № 62 : в ред. от 11 октября 2017 г. № 64 // Эталон-Беларусь / Нац. цент правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.

УДК 004.89

**Мычко Н. А.**

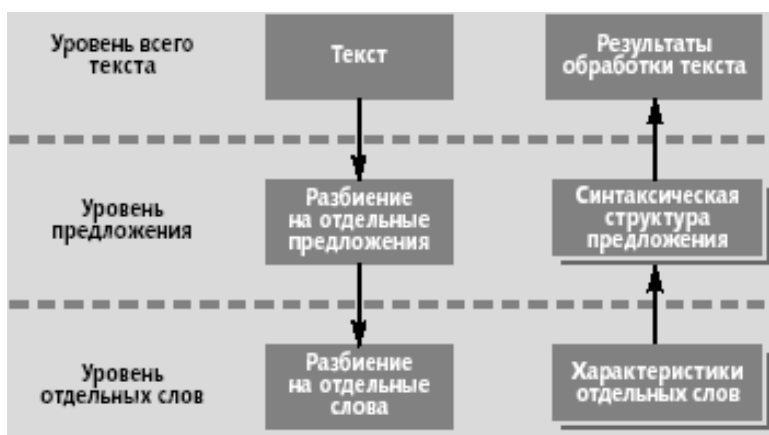
**Научный руководитель: к.т.н., доцент Крапивин Ю. Б.**

## **МЕТОДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ТЕКСТОВЫХ ОБРАЩЕНИЙ В СЛУЖБУ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ**

Увеличение использования технологий в современности приводит к росту требований к обеспечению службы технической поддержки (далее – СТП). Техническая поддержка часто подразделяется на уровни с целью улучшения обслуживания организации или базы клиентов. Количество уровней определяется потребностями и желаниями бизнеса или же ставится в зависимость от возможностей эффективно помочь клиентам или пользователям [1].

В свою очередь высокая скорость роста количества пользователей в той или иной сфере вынуждает совершенствовать способы обработки обращений, реализовывать частичную или полную автоматизацию этих процессов. Легко заметить, что основным и наиболее востребованным способом представления информации является текст на естественном языке. Именно поэтому далее речь пойдёт об обработке подобных обращений [2].

Обобщенное представление процесса автоматического анализа текста в контексте практически любой задачи, связанной с автоматизацией обработки текстовых сообщений, схематично может быть представлено на различных уровнях, например так, как это сделано на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Уровни автоматического анализа текста**

В современных информационных системах, как правило, этот процесс реализуется с помощью специального отдельного модуля – лингвистического процессора, выполняющего следующие основные этапы анализа:

1. Предварительное форматирование текста (преформатирование).
2. Лексический анализ.
3. Лексико-грамматический анализ.
4. Синтаксический анализ.
5. Семантический анализ [3].

Существует несколько методов обработки текстовых обращений в контексте их реализации для службы технической поддержки:

1. Ручная обработка от специалиста СТП. Данный метод имеет место в небольших компаниях, т. к. при увеличении количества пользователей нужно либо увеличивать штат работников, что в свою очередь дорого, либо увеличивать время ожидания ответа.

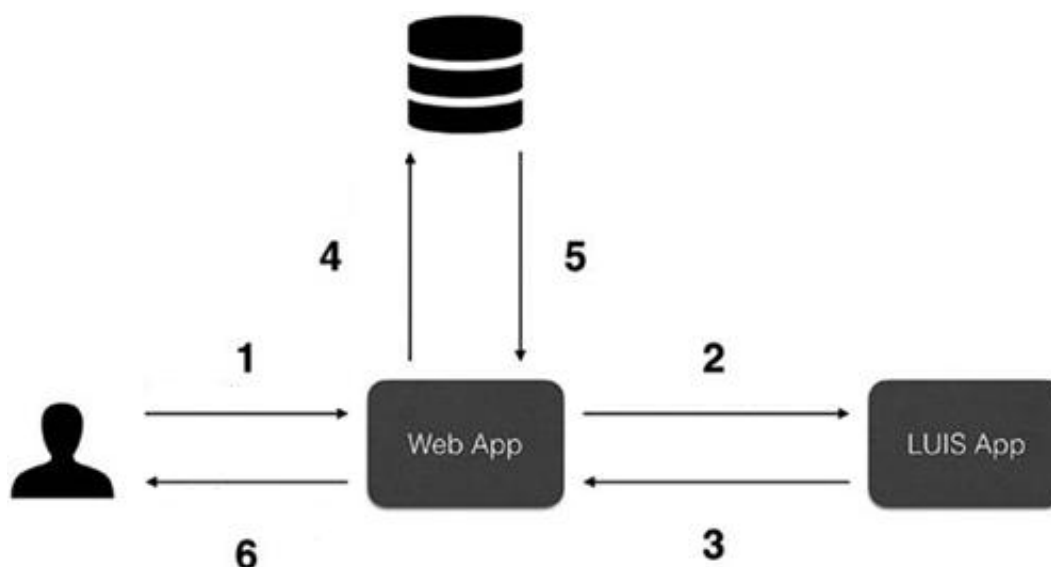
2. Частичная автоматизация А-20: система, автоматизированная на 20%. Ключевой особенностью такой системы является так называемый раздел FAQ (с англ. frequently asked questions, или часто задаваемые вопросы). Его наличие обеспечивает достаточно быстрый ответ в случае, когда проблема простая или действительно часто встречается, ведь именно ответы на такие обращения содержит FAQ.

3. Частичная автоматизация А-40: система, автоматизированная на 40%, кроме раздела FAQ может предложить пользователю просмотреть раздел «форум», где возможно существуют схожие обращения от других клиентов. Подобные системы являются очень полезными в условиях, когда времени на ожидание специалиста мало или нет вовсе. Однако на форумах, где есть возможность ответа не только специалистов, но и обычных пользователей, появится риск появления не совсем корректных решений.

4. Частичная автоматизация А-70: система, автоматизированная на 70% может работать с использованием чат-бота, обученного на предыдущих запросах и ответах для генерации возможных вариантов решения, имеет базовый набор команд, однако всё равно требует присутствия специалиста СТП, т. к. бот не способен решить новые проблемы или проблемы, состоящие из нескольких неполадок. Недостатком такой системы является неспособность предложить решение, выходящее за рамки тех проблем, которые возникали ранее. Преимуществом является их стоимость, возможность оперативно уведомить пользователя о возможном решении проблемы.

5. Частичная автоматизация А-90: системы, автоматизированные на 80-90%, используют внешние сервисы и программы.

Достаточно популярными в настоящее время являются решения на базе машинного обучения и API: Microsoft Language Understanding – это облачная служба, которая позволяет проводить анализ текста на естественном языке, определяя намерения, настроение, извлекая информацию о заданных объектах и пр. Работает оно по принципу разбиения запроса на составные части и предоставления данных в виде ответов JSON [4]. Структура чат-бот приложения, спроектированного на базе облачной службы Microsoft Language Understanding, представлена на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Структура чат-бот приложения, спроектированного на базе облачной службы Microsoft Language Understanding**

В соответствии с представленной схемой пользователь формирует запрос в виде текстового сообщения (1), которое поступает в блок «Web App» – веб-приложение, обеспечивающее интерфейс с пользователем и реализующее логику обработки запросов такого плана, далее, (2) передается в блок «LUIS App», где сосредоточена логика его анализа на базе машинного обучения. Результат в виде JSON-файла, содержащий всю необходимую для реализации логики работы приложения информацию, например, тип сообщения, его характер, интересующие пользователя сведения, автоматически извлеченные из сообщения, далее (3) снова поступают в блок «Web App», где выступают в качестве входных данных для поискового запроса к базе данных (4), и сформированный результат (5), содержащий развернутый ответ, также в виде текстового сообщения возвращается пользователю (6).

Google Natural Language API - этот сервис позволяет работать с функциями понимания естественного языка, включая анализ настроения, классификацию контента и синтаксический анализ. Выборочно извлекает ключевые данные для идентификации важных моментов в тексте, многие из которых не отображаются в стандартных языковых моделях [5].

Программный комплекс Naumen обладает такими возможностями, как автоматическая классификация обращения с учетом тематики, приоритета, порядка рассмотрения и других заданных характеристик, возможность назначения ответственных сотрудников с учетом различных параметров [6].

В системах, автоматизированных на 90%, для обработки можно использовать такие библиотеки машинного обучения с открытым кодом, как TensorFlow [7] и Keras [8]. Благодаря этим библиотекам можно в достаточно краткие сроки создать собственную систему. Системы, разработанные по индивидуальным заказам с применением чат-ботов и подходов на базе машинного обучения с помощью глубоких нейронных сетей, имеют ряд преимуществ, как правило: быстрый отклик; малый процент неудачных ответов; экономия людских и финансовых ресурсов при достаточно высоком качестве услуг. В качестве недостатков отмечаются необходимость в больших наборах обучающих данных, сложность разработки.

Существующие методы автоматизации обработки текстовых обращений в службу технической поддержки требуют достаточно наукоемких решений и могут обеспечивать высокое качество информационных услуг при относительно небольших финансовых и временных затратах в случае использования доступных наработок в этой сфере.

#### **Список цитированных источников**

1. Википедия [Электронный ресурс] : Техническая поддержка - Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> - Дата доступа: 23.05.2020.
2. CyberLeninka [Электронный ресурс] : Автоматизация обработки текстов естественного языка - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/> - Дата доступа: 23.05.2020.
3. Открытые системы [Электронный ресурс] / Обработка текстов на естественном языке – Режим доступа: <https://www.osp.ru/os/> - Дата доступа: 04.05.2020.
4. Language Understanding [Электронный ресурс] : Documentation - Режим доступа: <https://www.luis.ai/> - Дата доступа: 23.05.2020.
5. Google cloud [Электронный ресурс] : Natural Language - Режим доступа: <https://cloud.google.com/> - Дата доступа: 23.05.2020.
6. Naumen [Электронный ресурс] : Интеллектуальная обработка обращений - Режим доступа: <https://www.naumen.ru/> - Дата доступа: 23.05.2020.
7. TensorFlow [Электронный ресурс] : TensorFlow - Режим доступа: <https://www.tensorflow.org/> - Дата доступа: 23.05.2020.
8. Keras [Электронный ресурс] : Keras Documentation - Режим доступа: <https://keras.io/> - Дата доступа: 23.05.2020.

УДК 004.94

**Онысько А. А.**

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

## **СИСТЕМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПЕРЕВОДА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ГОЛОСОВОГО ВВОДА И ВЫВОДА**

**Введение.** Перевод играет огромную роль в современном мире, особенно после того, как произошел так называемый «информационный взрыв». Резко увеличился объем информации, которой обмениваются люди и народы. Возросли международные контакты, на карте мира появились новые государства, возникли многочисленные международные организации, всемирные движения, региональные союзы государств. Научно-техническая революция вызвала огромную потребность в обмене научной информацией между разными странами.

Цель работы – создание системы, позволяющей выполнить перевод на многие современные языки с возможностью голосового ввода и вывода, также будет осуществляться лексический и синтаксический контроль. Актуальность данной системы в современном мире очень высока, многие сферы в жизни требуют от человека знания как минимум одного иностранного языка, а если говорить про сферу ИТ, то без иностранного языка здесь вообще никак. Не каждый человек идеально знает не свой родной язык, из-за этого возникают проблемы с коммуникацией между заказчиком, или, например, коллегой, что приводит к недопониманию, неправильной трактовке требования и т. д. Разрабатываемая система поможет решить эти проблемы.

### **1. Обзор аналогов**

SYSTRAnet

Так называемый сервис-старожил, который более 40 лет предлагает свои

услуги на рынке онлайн. Может работать на различных платформах: от стационарных версии для персональных компьютеров до серверов. Предоставляет услуги перевода на более чем 130 языков, а благодаря широким возможностям по умолчанию интегрирован на устройствах серии Samsung Galaxy S и Note.

Сервис способен к самообучению, что позволяет пользователю максимально его кастомизировать под себя. Может переводить тексты, веб-страницы и загруженные файлы (txt, htm, rtf). Для качественного перевода можно выбрать тематический словарь или же создать пользовательский.

## ATNL - ЯЗЫК ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ

Теоретической базой языка представления лингвистических знаний ATNL 2.0 являются расширенные сети переходов Вудса. В общем язык ATNL 2.0 предназначен для автоматизации проектирования Л-процессоров. Все знания, необходимые для реализации конкретного модуля ЕЯ-общения, представляются в виде ATNL- программы, которая разбивается на несколько разделов:

- MODUL-DIVISION – описание раздела модульности;
- VOCAB DIVISION – описание раздела словарей;
- DEFINE DIVISION – описание раздела нестандартных функций;
- NET DIVISION – описание раздела сети.

Раздел модульности отвечает за фиксацию справочной информации о разрабатываемом Л-процессоре и определении тех точек в ATNL-программе, которые являются входными в данном модуле.

Раздел словарей отвечает за описание структуры лексических единиц, используемых Л-процессором.

Раздел нестандартных функций определяет композиции стандартных средств языка ATNL, повышающих наглядность программ, и описания алгоритмических средств, не определенных в рамках данного языка.

Раздел сети отвечает за определение используемой в разрабатываемом Л-процессоре модели общения и описания сети анализа-синтеза фраз языка общения.

Возможности словарной компоненты языка ATNL-2.0 иллюстрируются на примере описания фрагментов из секции шаблонов и значений словарей:

### 2 Модели распознавания речи

#### Метод скрытых марковских моделей (СММ)

В качестве метода распознавания большинство современных систем используют метод скрытых марковских моделей. Использование СММ для распознавания речи базируется на следующих предположениях: речь может быть разбита на сегменты (состояния), внутри которых речевой сигнал может рассматриваться как стационарный, переход между этими состояниями осуществляется мгновенно; вероятность символа наблюдения, порождаемого моделью, зависит только от текущего состояния модели и не зависит от предыдущих. Чаще всего используются СММ с тремя состояниями.

#### Метод скользящего окна

Суть метода скользящего окна заключается в определении вхождения ключевого слова с помощью алгоритма Витерби, который широко применяется для распознавания слитной речи. Этот алгоритм решает следующую задачу: дан вектор наблюдения (o), требуется определить наиболее подходящую последовательность СММ (s) и переходов между их состояниями для этого вектора наблюдения. Далее будем называть такую последовательность путем. Так, на рис. 2 изображены все возможные пути для данного участка сигнала и определенной последовательности СММ; утолщенной линией обозначен наиболее вероятный путь. Так как ключевое слово может начинаться и заканчиваться в любом месте сигнала, то этот метод пере-

бирает все возможные пары начала и конца вхождения ключевого слова и находит самый вероятный путь для ключевого слова и этого отрезка, как если бы ключевое слово присутствовало в нем. Для каждого наиболее вероятного пути ключевого слова применяется функция правдоподобия, основанная на срабатывании, если значение пути, рассчитанное в соответствии с применяемым методом оценки пути, больше предопределенного значения. Часто для оценки пути используется значение вероятности, полученное с помощью алгоритма Витерби.

## **2 Система анализа**

Система анализа представлена на рис.1.

### **РАСПОЗНАВАНИЕ РЕЧИ**

Для распознавания речи используется рекуррентная нейросеть (RNN), на которой построены все современные сервисы распознавания голоса, музыки, изображений, лиц, объектов, текста. RNN позволяет с высочайшей точностью понимать слова, а также предсказывать наиболее вероятное слово в рамках контекста, если оно не было распознано [1].

Идея RNN заключается в последовательном использовании информации. В традиционных нейронных сетях подразумевается, что все входы и выходы независимы. Но для многих задач это не подходит. Если вы хотите предсказать следующее слово в предложении, лучше учитывать предшествующие ему слова. RNN называются потому, что они выполняют одну и ту же задачу для каждого элемента последовательности, причем выход зависит от предыдущих вычислений рекуррентными.

## **3 Синтез речи из текста**

Чтобы построить систему синтеза речи, нужна целая команда специалистов из разных областей. По каждой из них существует целая масса алгоритмов и подходов.

1. Нормализация текста. Для начала нам нужно развернуть все сокращения, числа и даты в текст. «50-е годы XX века» должно превратиться в «пятидесятые годы двадцатого века», а «г. Санкт-Петербург, Большой пр. П.С.» в «город Санкт-Петербург, Большой проспект Петроградской Стороны». Это должно происходить так естественно, как если бы человека попросили прочитать написанное.

2. Подготовка словаря ударений. Расстановка ударений может производиться по правилам языка. В английском ударение часто ставится на первый слог, а в испанском – на предпоследний. При этом из этих правил существует целая масса исключений, не поддающихся какому-то общему правилу. Их обязательно нужно учитывать. Для русского языка в общем смысле правил расстановки ударения вообще не существует, так что без словаря с расставленными ударениями совсем никуда не деться.

3. Снятие омографии. Омографы – это слова, которые совпадают в написании, но различаются в произношении. Носитель языка легко расставит ударения: дверной замок и замок на горе. А вот ключ от замка – задача посложнее. Полностью снять омографию без учета контекста невозможно.



**Рисунок 1**

## **Заключение**

Разработка системы ведется на языке Objective C с использованием библиотеки SWIFT в среде операционной системы IOS. Предполагается развитие для условий повышенных помех.

## **Список использованных источников**

1. Морфологический анализ в системе перевода [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https:// www.dissercat.com/content/morfologicheskii-analiz-v-sisteme-anglo-persidskogo-mashinnogo-perevoda](https://www.dissercat.com/content/morfologicheskii-analiz-v-sisteme-anglo-persidskogo-mashinnogo-perevoda)

УДК 551.492

**Рабчук С. А.**

*Научные руководители: к.т.н., доцент Костюк Д. А., ассистент Маркина А. А.*

## **ОБ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ СРЕДСТВАМИ ЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

### **Введение**

Приборный биометрический мониторинг состояния пользователя в процессе работы с программными продуктами долгое время являлся перспективным подходом в исследованиях эргономики как графического интерфейса (UI), так и пользовательского взаимодействия (UX) в целом. До недавнего времени широкому внедрению подобных технологий препятствовали малая распространенность и высокая стоимость оборудования. Большинству исследователей приходилось ограничиваться подходами, включающими только заполнение опросников, выполнение хронометража и протоколирования.

Однако в последние несколько лет на рынке носимой электроники наблюдается рост применения биометрических датчиков, пригодных для мониторинга состояния пользователя (преимущественно в устройствах для фитнеса и развлечений). Их точность при этом достаточна, чтобы измеряемые данные могли оказаться полезными для оценки UI/UX.

Среди сегмента потребительской биометрии одними из наиболее перспективных в плане информативности снимаемых параметров для оценки состояния пользователя являются устройства энцефалографии (ЭЭГ).

### **Особенности энцефалографического мониторинга**

Электроэнцефалограмма отображает колебательные электрические процессы, которые регистрируются при размещении электродов прибора на поверхности скальпа, и представляет собой результат электрического суммиро-



вания и фильтрации элементарных процессов в нейронах [1]. В зависимости от амплитуды, формы волн, топографии, частотного диапазона ЭЭГ-сигнала различают *ритмы* электроэнцефалографии. Так,  $\alpha$ -*ритм* ЭЭГ имеет частоту 8-12 Гц,  $\beta$ -*ритм* – более 13 Гц,  $\gamma$  – более 30 Гц,  $\delta$  – 0,1 до 4 Гц,  $\theta$  – 4-8 Гц. Существует связь между психическим состоянием человека и наблюдаемыми ритмами, поскольку различные состояния умственной активности сопровождаются изменениями частотного спектра сигналов ЭЭГ. Например, согласно [2] отношение уровней  $\beta$ - и  $\alpha$ -сигналов является достоверным индикатором эмоционального возбуждения:

$$E_A = \frac{E_\beta}{E_\alpha},$$

где  $E_\beta$  – средняя мощность сигнала в  $\beta$ -диапазоне,  $E_\alpha$  – средняя мощность в  $\alpha$ -диапазоне.

Также важную роль при оценке эмоционального состояния играет число электродов, с которых снимается сигнал, и их расположение: например,  $\beta$ - и  $\alpha$ -ритмы наиболее выражены в лобной и средней части мозга, а также предполагается, что большая активность в левой фронтальной доле связана с позитивным эффектом и/или увеличением мотивации, а большая активность в правой фронтальной доле – с негативным эффектом и/или спадом мотивации.

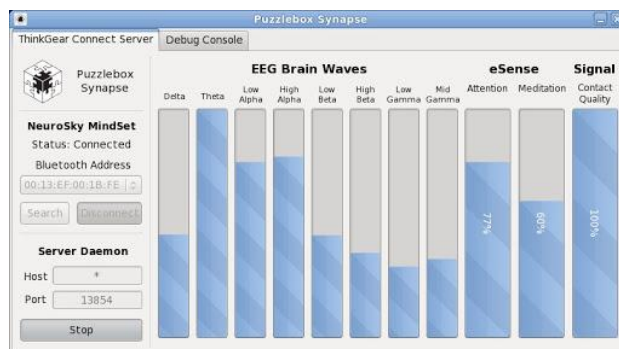
### Потребительские энцефалографы

Наиболее крупными представителями рынка потребительских устройств для измерения ЭЭГ-ритмов являются Emotiv и NeuroSky.



Рисунок 1 – Энцефалографы, слева направо: NeuroSky MindWave, Emotiv EPOC/EPOC+, Emotiv Insight

Энцефалографы данных фирм построены на схожих принципах: каждый оснащен беспроводным радиоинтерфейсом для передачи данных в ПК, а также набором датчиков, контактирующих со скальпом пользователя (от 1 до 14), и дополнительными датчиками, служащими для отсеечения внешних помех.



## **Рисунок 2 – Значения сигналов, передаваемых энцефалографом NeuroSky в ПК**

Энцефалограф MindWave (и его разновидность MindSet) фирмы NeuroSky оснащен единственным металлическим датчиком сухого контакта, закрепляемым на лоб пользователя и измеряющим электрическую активность головного мозга:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -,  $\theta$ -ритмы и две синтетические метрики eSense: концентрацию («attention») и релаксацию («meditation») [3]. К числу недостатков относится сравнительно большой интервал между измерениями, который составляет одну секунду. MindWave представлен на рис. 1, а рис. 2 показывает значения сигналов, передаваемые данным осциллографом.

Энцефалограф EPOC (и его второе поколение EPOC+) фирмы Emotiv представляет собой значительно более сложное устройство, ориентированное в том числе и на исследовательское применение: помимо 14 датчиков для снятия сигналов, он обладает также встроенным акселерометром для отслеживания кинематической активности. Данные обновляются четыре раза в секунду. Среди показателей, автоматически снимаемых устройством, помимо стандартных ритмов ЭЭГ, реализовано детектирование моргания, подмигивания правым/левым глазом, поднятия бровей, эмоционального возбуждения (краткосрочного и долгосрочного), увлеченности/скуки, медитации, фрустрации и др.

Энцефалограф Insight, также производимый компанией Emotiv, имеет 5 ЭЭГ-датчиков. В роли контактной площадки датчика используется специальный полимерный материал, который обеспечивает большую электрическую проводимость сигналов, но не требует никакого проводящего геля или раствора. Таким образом, нет необходимости в какой-либо подготовке, т. е. датчик также можно использовать сухим. Имеет большую частоту измерений по сравнению с устройствами NeuroSky.

### **Подробнее об измеряемых характеристиках**

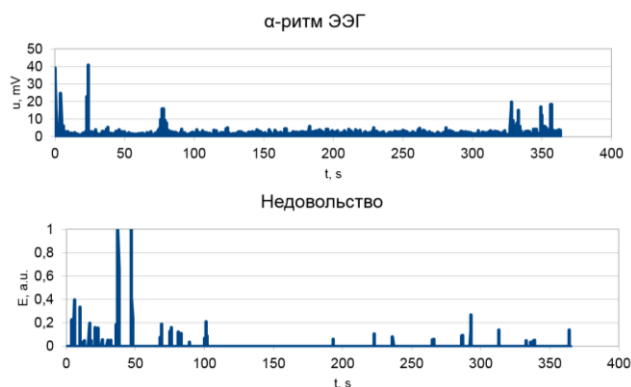
Как уже упоминалось, помимо «сырых» данных, поступающих с единственного датчика и разделенных на поддиапазоны соответствующих ритмов по частотному принципу, энцефалографы NeuroSky передают в ПК значения двух синтетических параметров, связанных с умственной концентрацией и релаксацией (рис. 2). Учитывая область крепления датчика, принципы, лежащие в основе данной пары метрик, являются достаточно очевидными.

Выходные данные, возвращаемые устройствами Emotiv по умолчанию, разделены, из-за большого количества, на три группы: ЭЭГ-ритмы; мимические и эмоциональные реакции – «facial»; движения – «motion»:

- Данные ЭЭГ-ритмов:  $\theta$ -ритмы (Theta),  $\alpha$ -ритмы (Alpha),  $\beta$ -ритмы (Low\_beta и High\_beta),  $\gamma$ -ритмы (Gamma).

- Мимические и эмоциональные реакции: моргание (Blink), подмигивание левым и правым глазом (Wink Left и Wink Right), удивление (Surprise), нахмуренные брови, выражение недовольства (Frown), улыбка (Smile), стиснутые зубы, злость (Clench).

- Данные кинематической активности: значения, передаваемые акселерометром (GYRO<X,Y,Z>).



**Рисунок 3 – Примеры сигналов, получаемых от энцефалографов Emotiv**

Как можно заметить, что, хотя доступные энцефалографы потребительского сегмента количественно различаются по своим функциональным возможностям, тем не менее даже простейшие из рассмотренных устройств позволяют получать данные мониторинга, свидетельствующие о состоянии пользователя в процессе его работы. В случае более простых энцефалографов наиболее перспективной является метрика, отражающая степень сосредоточенности пользователя на решаемой задаче. В случае более сложных устройств добавляется возможность вычислять параметры активности на основе разницы сигналов, поступающих из различных участков мозга, а также доступны к непосредственному использованию предварительно вычисленные характеристики, отражающие эмоциональное состояние пользователя.

#### **Список цитированных источников**

1. Гусельников, В. И. Электрофизиология головного мозга. – М: Высш. шк, 1976.
2. Ramirez, R. Detecting emotion from EEG signals using the Emotive Eporc device / R. Ramirez, Z. Vamvakousis // Brain Informatics, LNCS. – 2012. – V. 7670. – P. 175-184.
3. Sezer, A. An Investigation of University Students' Attention Levels in Real Classroom Settings with NeuroSky's MindWave Mobile (EEG) Device. / A. Sezer, Y. Inel, A.Ç. Seçkin, U. Uluçinar // Proc. of IETC 2015 int. conf., May 27-29. – Istanbul, Turkey. - P. 88-101.

УДК: 621.383.52

**Чугунов А. С.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Чугунов С. В.**

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ P-I-N ФОТОДИОДОВ**

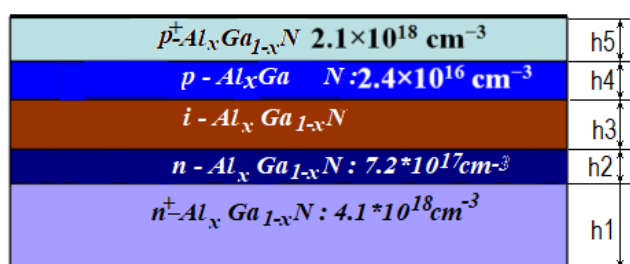
III-нитридное соединение материалов, состоящее из InN, GaN, AlN, и их сплавы, являются полупроводниками, обладающими такими физическими свойствами как: высокая подвижность электронов; высокое значение скорости насыщения носителей; хорошая термостойкость и проводимость; прямая и перестраиваемая по ширине запрещенная зона с высоким коэффициентом оптического поглощения.

Коэффициент поглощения III-нитридных материалов составляет более  $10^4 \text{ см}^{-1}$  [1]. Значительная доля падающего света проникает в глубину на несколько сотен нанометров поглощающей области. Ширина запрещенной зоны  $E_g$  материала  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  (AlGaN) варьируется в диапазоне от 3,4 эВ до 6,2 эВ, в зависимости от пропорции  $x$  алюминия в составе соединения  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  [2,3].

Благодаря этим физическим свойствам, III-нитридные полупроводники являются перспективными материалами для многочисленных оптоэлектронных устройств, таких как светодиоды, лазерные диоды, солнечные элементы и фотодиоды.

В данной работе представлено моделирование р-і-п-фотодиодов на основе тройного соединения AlGaN с помощью программного средства Comsol-Multiphysics.

Исследуемая структура является типичной для нитридных фотодиодов и показана на рисунке 1. Между слоями “n” и “p”, с умеренной электронной и дырочной проводимостью, помещается і-слой с собственной проводимостью, в котором происходит основное поглощение принимаемого света и преобразование его в свободные носители заряда. Данная трехслойная структура дополняется сверху и снизу слоями с высокой степенью легирования “n+” и “p+”, которые позволяют получить омические контакты с металлическими выводами, изображенными на рисунке 1, утолщенными черными линиями.



**Рисунок 1 – Структура исследуемого р-і-п фотодиода**

Толщины слоев, обозначенные как h1 – h5, являются параметрами, которые могут оперативно изменяться перед запуском модели на расчет. На практике контактная n+ область делается шире остальной структуры и омический контакт реализуется сверху выступающей части. Однако такая геометрия, будучи заложенной в расчет, неоправданно усложняет его, без заметного изменения результатов.

Модуль «оптоэлектроника» программного продукта Comsol-Multiphysics решает ряд основных полупроводниковых уравнений, состоящих из уравнения Пуассона, уравнения неразрывности и уравнений переноса для электронов и дырок. Кроме того, он предлагает несколько современных физических моделей взаимодействия полупроводника с электромагнитным излучением.

Comsol предлагает несколько моделей оптической генерации и рекомбинации носителей. В работе была использована модель, основанная на расчете элемента переходной матрицы через время жизни носителя при спонтанной рекомбинации, которое взято равным  $\tau_{\text{spont}}=1$  нс. Элемент переходной матрицы, также очень сильно зависит от показателя преломления материала – n. Величина последнего, в свою очередь, является функцией длины волны  $\lambda$ . Эту зависимость можно приближенно описать дисперсионным уравнением Селмейера [2]:

$$n^2(\lambda) = 1 + \frac{A_0}{1 - \left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^2}, \quad (1)$$

где  $A_0$  и  $\lambda_0$  – константы, которые определяются шириной запрещенной зоны  $E_g$  и для нитридных соединений аппроксимируются следующими выражениями [1]:

$$A_0 = 6,626 - 0,934E_g + 0,0598E_g^2, \quad (2)$$

$$\lambda_0 = 396,8 - 84,12E_g + 6,758E_g^2$$

Comsol рассчитывает множество величин, в том числе, величину коэффициента поглощения и его спектральное поведение –  $\alpha(\lambda)$ , которое легко пересчитывается в коэффициент экстинкции:

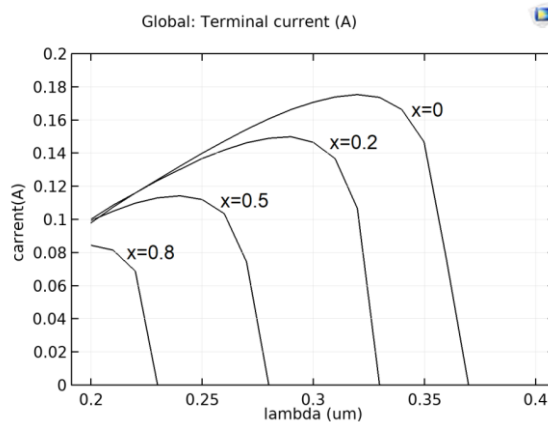
$$k \lambda = \frac{\alpha(\lambda)\lambda}{4\pi}. \quad (3)$$

Численное моделирование проводилось для AlGaIn p-i-n фотодиода при температуре 293 К. Ширина диода полагалась равной 20 мкм, толщина – размер в глубину -1 м. Выбор толщины обусловлен особенностью задания абсолютной величины электромагнитной мощности, которая в двумерной задаче считается распределенной в глубину на единицу длины, т. е. на 1 м.

Ввиду большой ширины запрещенной зоны AlGaIn основным механизмом потери носителей в AlGaIn является рекомбинация, обусловленная дефектами. В расчетах учитываются две модели рекомбинации. Упрощенная модель рекомбинации на дефектах (ловушках) Шокли-Рида-Холла, в которой ловушкам приписывается один энергетический уровень, а другие характеристики, включая концентрацию дефектов, выражаются временами жизни электронов и дырок. Данное время взято равным 1 нс, а энергетический уровень дефектов взят вблизи середины запрещенной зоны. Второй учитываемый тип – прямая рекомбинация с параметром  $C=10^{-8} \text{cm}^{-3}\text{s}^{-1}$ .

Comsol вычисляет большое количество характеристик моделируемых процессов и имеет очень разнообразный арсенал представления результатов.

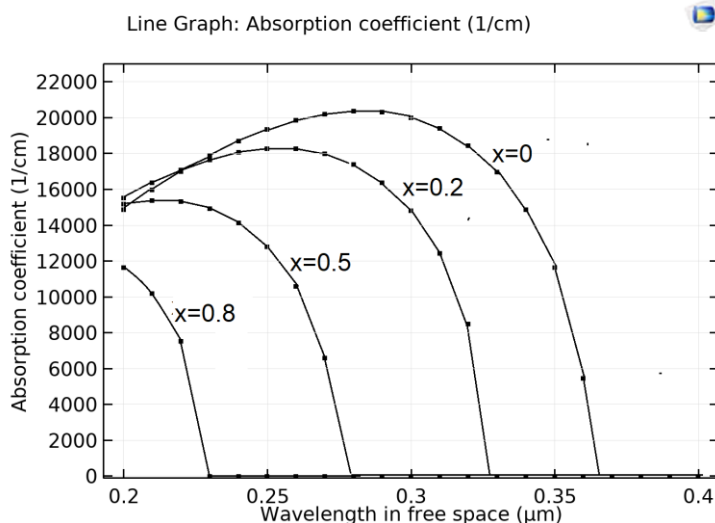
На основе построенной модели получены зависимости основных характеристик диодов от таких параметров, как мольная доля алюминия ( $x$ ) и толщина слоя с собственной проводимостью ( $i$ -слоя). Так, на рисунке 2 представлен график зависимости величины фототока от длины световой волны с различной мольной доли алюминия в составе  $i$ -слоя ( $x$ ). Мощность падающего светового потока составляла 1 Вт. Расчеты проводились для толщины  $i$ -слоя 0,2 мкм и обратном напряжении, приложенном к фотодиоду  $V_n=1$  В. Максимум спектральной характеристики, в зависимости от  $x$ , приходится на длины волн от  $\lambda=0,2$  мк до 0,32 мкм. При этом в коротковолновой части диапазона, для  $x=0,8$  максимум ватт-амперной характеристики составляет  $k=0,085$  А/Вт, в длинноволновой части – для  $x=0$  –  $k=0,175$  А/Вт.



**Рисунок 2 – Графики зависимости величины фототока (*carrent*) от длины световой волны (*lambda*) и мольной доли алюминия в составе *i*-слоя (*x*) при падающей световой мощности 1 Вт**

Спад спектральной характеристики при уменьшении длины световой волны вполне очевиден и обусловлен уменьшением плотности фотонного потока при неизменной величине падающей световой мощности и увеличивающейся энергии фотонов. Кроме того, использованная модель частотной зависимости коэффициента преломления Селмейера определяет увеличение последнего с уменьшением длины световой волны. Увеличение показателя преломления приводит к уменьшению элемента переходной матрицы в модели поглощения света и соответствующему уменьшению поглощения света.

На рисунке 3 приведены графики дисперсии коэффициента поглощения AlGaN при различной величине доли алюминия. Стоит отметить, что до настоящего времени нет общепризнанных значений этой величины для AlGaN в области поглощения им световой мощности. Его величина -  $\alpha$  по одним источникам [4] составляет более  $10^5 \text{ см}^{-1}$ , а по другим [5] – около  $1,8 \cdot 10^4 \text{ см}^{-1}$ . Полученные при моделировании величины  $\alpha$  скорее подтверждают последние значения. Однако не очевидно, что примененная модель взаимодействия полупроводника с излучением учитывает все механизмы этого процесса. Пересечение графиков при длине волны 0,23 мкм объясняется дисперсией коэффициента преломления материала, который влияет на величину элемента переходной матрицы при меньших  $x$  сильнее, чем при больших.



**Рисунок 3 – Графики дисперсии коэффициента поглощения (*absorption coefficient*) AlGaN от длины световой волны (*wavelength in free space*) при различной величине доли алюминия *x***

Также с помощью симулятора Comsol-Multiphysics диод был изучен в отношении вольт-амперных характеристик и темнового тока.

Тройные сплавы AlGaN с шириной запрещенной зоны от 3,4 до 6,2 эВ весьма перспективны для фотоприемных устройств УФ диапазона длин волн. Используя программное обеспечение Comsol на основе  $\text{Al}_x\text{Ga}_{x-1}\text{N}$ , разработана модель p-i-n фотодиода, включая его ВАХ, спектральную чувствительность принимаемого излучения, как функции доли алюминия и толщины обедненного слоя. Пиковая чувствительность фотодиода составляет от 0,08 до 0,18 А/Вт



при длинах волн 0,2 - 0,33мкм. Это соответствует экспериментальным результатам, взятым из литературы.

Результаты моделирования, представленные в этой работе, могут быть использованы для оптимизации фотоприемников AlGaIn/GaN и разработки оптоэлектронных устройств нового поколения.

#### **Список цитированных источников**

1. Заяц, Н.С. Оптические свойства пленок GaN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, легированных кремнием / Н.С. Заяц, П.А. Генцарь, В.Г. Бойко, О.С. Литвин // Физика и техника полупроводников. – 2009. – Том 43, вып. 5. – С. 617-620.
2. Mohammad, S.N. Progress and prospects of group-III nitride semiconductors / S.N. Mohammad, Y.H. Morkos // Prog. Quant. Electr. – 1996. – Vol. 20. – P. 361-525.
3. Ambacher, O. Growth and applications of Group III-nitrides / O. Ambacher // J. Phys. D: Appl. Phys. – 1998. – Vol. 31. – P. 2653.
4. Hirsch, L. Electrical characterization of InGaIn/GaN light emitting diodes grown by molecular beam epitaxy / L. Hirsch, A. S. Barriere // Journal of Applied Physics, 2003. – Vol. 94., No. 8. – P. 5014.
5. Мотт, Н. Электронные процессы в некристаллических веществах / Н Мотт, Э.Дэвис. – Изд. 2-е. – М.: Мир, 1982. – 368 с.

УДК 551.492

**Шульган А. А.**

*Научные руководители: к.т.н., доцент Костюк Д. А., ассистент Маркина А. А.*

## **СПЕЦИФИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

### **Введение**

До недавнего времени оценку эффективности человеко-машинного взаимодействия с использованием приборных биометрических измерений, позволяющих выполнять мониторинг физического и эмоционального состояния пользователя при работе с программным обеспечением, ограничивали малая распространенность и высокая стоимость оборудования. Однако в последнее время на рынке появилось значительное число устройств с биометрическими датчиками, предназначенных для индустрии фитнеса и развлечений. К этой категории относятся в первую очередь оптические датчики измерения пульса, разработанные для спортивных пульсометров, а затем распространившиеся сначала на фитнес-трекеры, а после – на взаимодействующие со смартфоном т. н. «умные часы». Кроме того, существует ряд игровых устройств, регистрирующих мозговую активность (например, для тренировки концентрации внимания пользователя). Эти устройства достаточно точны, пригодны к непрерывному мониторингу, способны передавать данные на персональный компьютер и при этом, благодаря массовому производству, широко доступны на рынке [1].

Среди параметров организма, измеряемых устройствами потребительского сегмента, можно выделить сердечный ритм (частота сердечных сокращений, ЧСС), ритмы электроэнцефалограммы (ЭЭГ) и электрическую проводимость кожи (ЭПК) [2]. Рассмотрим кратко каждый из них.

**ЧСС** – величина, отражающая число колебаний стенок артерии за единицу времени. При физической нагрузке, изменении эмоционального состояния

ЧСС увеличивается, т. к. организм стандартно реагирует на требование органов и тканей повышенного кровоснабжения увеличением сердечных сокращений. При этом требуемые от оператора ПК действия относятся к легкой физической нагрузке [2], что должно выражаться ростом ЧСС на начальном этапе с последующим постепенным снижением.

**ЭЭГ** отображает колебательные электрические процессы, которые регистрируются при помощи электроэнцефалографа при размещении его электродов на поверхности скальпа, и представляет собой результат электрического суммирования и фильтрации элементарных процессов в нейронах. При этом основным информативный параметр энцефалограммы – величина сигнала, приходящаяся на различные частотные диапазоны или «ритмы» [3]:  $\alpha$ -ритм – 8..13 Гц,  $\beta$ -ритм – 14..40 Гц,  $\theta$ -ритм – 4..8 Гц,  $\delta$ -ритм – 0,5..3 Гц,  $\gamma$ -ритм – выше 40 Гц, и др. Следует отметить, что потребительские энцефалографы также генерируют и ряд интегральных метрик на основе простых соотношений между величинами сигналов, соответствующих различным ритмам: например, условный уровень концентрации внимания пользователя [1].

**ЭПК** варьируется в зависимости от влажности кожи, которая в свою очередь обеспечивается потовыми железами, контролируемые симпатической нервной системой [4]. Болезненные стимулы – например, досада – увеличивают секрецию потовых желез (это увеличение обычно очень незначительное, но пот обладает электролитическими свойствами). По этой причине электропроводность часто используется как показатель психологического или физиологического возбуждения. При оценке ЭПК выделяют высокочастотную фазическую и низкочастотную тоническую кожно-гальванические реакции (КГР): фазическая КГР имеет вид кратковременных импульсов малой длительности, возникающих в ответ на внешние стимулы или на тревогу, напряжение, мыслительную деятельность. Тоническая КГР изменяется медленно и служит скорее показателем функционального состояния человека, к тому же строго индивидуальным.

Таким образом, при использовании широкого спектра потребительских биометрических устройств возрастает число источников биометрических данных, а в результате этого в системе, используемой в исследовании эффективности человеко-машинного взаимодействия, становится доступно больше временных рядов, требующих оценки. Это безусловно должно повышать точность оценки состояния пользователя. Однако при увеличении числа источников данных возникают дополнительные проблемы.

На практике роль провайдеров биометрии для таких устройств не является основной; различные устройства имеют разную частоту выборки, форматы представления и способы информационного обмена. В итоге неизменно оказывается, что одни временные ряды имеют более высокую частоту выборки, чем другие. Иногда данные поступают практически в режиме реального времени, как в случае сигналов ЭЭГ или ЭПК (вплоть до нескольких изменений в секунду), и характерной проблемой таких данных может оказываться высокочастотный шум.

Необходимость построения многомерной модели на основе временных рядов, имеющих разную частоту выборки, чаще всего возникает в двух ситуациях:

1. Высокочастотные и низкочастотные потоки данных соответствуют нескольким биометрическим параметрам. В этом случае требуется получить оценки для отсутствующих высокочастотных значений на основе всей доступной информации.



2. Важный и информативный параметр оценивается с низкой частотой, но формирующие его измерения выполняются на более высокой частоте.

Характерным примером является ЧСС, измеряемая в числе ударов в минуту: во всех потребительских устройствах, измеряющих ЧСС, необходимое суммирование выполняется микроконтроллером, однако частота временного ряда, передаваемого устройством, обычно является более высокой. Например, данные поступают ежесекундно, а каждое значение представляет собой результат суммирования в рамках скользящего шестидесятисекундного окна.

Простым же примером данных с накоплением является фазическая КГР, информативный параметр которой – число пиков в единицу времени.

**Преобразование высокочастотных рядов в низкочастотные** может выполняться по-разному в зависимости от практического значения параметров (путем усреднения, суммирования или принятия репрезентативного значения). Подобное «объединение» характерно для ситуаций, когда расхождение частот не очень велико, а выбор делается из прагматических соображений, без существенного теоретического обоснования.

Стандартным способом является усреднение по периоду:

$$x_t = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_{t-i/m} . \quad (1)$$

Для величин с накоплением, как в случае фазической КГР, значения просто складываются:

$$x_t = \sum_{i=1}^m x_{t-i/m} . \quad (2)$$

Наконец, на роль представителя последовательности высокочастотных значений может выбираться первое, второе либо последнее из них. Так, выбор последнего в минутном интервале значения ЧСС аргументируется тем, что информация из предыдущих вошедших в интервал отсчетов уже содержится в значениях временного ряда пониженной частоты.

При выборе преобразования высокочастотных рядов в низкочастотные следует учитывать, что оно, как правило, связано с потерей информации, изначально присутствующей в выборке, а потеря информации – к снижению точности и оперативности оценки состояния оператора.

**Преобразование низкочастотных данных в высокочастотные** может выполняться, например, при сравнении нескольких временных рядов одного и того же параметра, полученного устройствами, имеющими разную частоту выборки (например, при сравнении данных, поступающих от разных моделей энцефалографов), либо с целью заполнения пропусков данных, возникших по техническим причинам (промежуток в измерениях из-за кратковременного нарушения контакта с датчиком).

Статистический подход используется чаще всего и предполагает применение методов интерполяции – в простейшем случае линейной (3), в более сложных – квадратичной или кубической, без учета возможной внутривариативности высокочастотных данных.

$$x_i = x_{i+1} + \frac{x_{i-1} - x_{i+1}}{t_{i-1} - t_{i+1}} (t_i - t_{i+1}) \quad (3)$$

В более сложных случаях восстановление отсутствующих данных может выполняться вычислением частичных средневзвешенных значений либо принятием в качестве пропущенных значений таких, которые минимизируют кон-

кретную функцию потерь при наложенном ограничении совместимости (в случае связанных временных рядов) [5]. Примером такой связи могут служить КГР и ЧСС, традиционно используемые в парных измерениях (например, при оценке уровня стресса).

Следует отметить, что обычно используемые методы интерполяции также не в полной мере задействуют всю доступную информацию о выборке.

Кроме того, сложность параллельного использования нескольких временных рядов биометрических параметров заключается в том, что если они дают противоречивые сигналы, не существует согласованного способа агрегации данных для получения однозначной оценки.

В итоге, при наличии большого количества временных рядов возникает рост неопределенности, который может приводить к снижению точности оценки. Одним из способов преодоления этой проблемы является сжатие всех доступных временных рядов в меньшее число переменных [6], с формированием композитных индикаторов, используемых для получения наглядной численной оценки состояния оператора при работе с конкретным программным продуктом или сравнительной оценки для нескольких конкурирующих продуктов.

#### **Список цитированных источников**

1. Костюк, Д.А. Подход к биометрической оценке эргономики графического интерфейса пользователя / Д.А. Костюк, О.О. Латий, А.А. Маркина // Вестник БрГТУ. – 2016. – No 5 (101): физика, математика, информатика. – С. 46-49.

2. Латий, О.О. Средства измерения нагрузки, воздействующей на пользователей программного продукта, с помощью платформы Arduino / О.О. Латий, А.В. Шитиков, Д.А. Костюк // Современные информационные технологии в образовании и научных исследованиях (СИТОНИ-2013): материалы IV Международной НТК студентов и молодых ученых. Сб-к научных трудов студентов, магистрантов, аспирантов и преподавателей. – Донецк: ДонНТУ, 2013. – С. 56–63.

3. Martini, F. Essentials of Anatomy & Physiology / F. Martini, E. Bartholomew. – San Francisco: Benjamin Cummings, 2003. – P. 267.

4. Braithwaite, J. J. A Guide for Analysing Electrodermal Activity & Skin Conductance Responses for Psychological Experiments / Jason J. Braithwaite, Derrick G Watson, Robert Jones, Mickey Rowe. - Selective Attention & Awareness Laboratory Behavioural Brain Sciences Centre, University of Birmingham, UK: Tech. Rep., 2013. - p. 42.

5. Mitchell, J. An indicator of monthly GDP and an early estimate of quarterly GDP growth / J. Mitchell [et al.] // The Economic Journal, iss. 115(501), 2005 & - P. 108–129.

6. Kostiuk, D.A. Using biometric measurements to compare graphical user interfaces / D.A. Kostiuk, O.O. Latiy, A.A. Markina, V.P. Shamonin // PRIP'2019. Pattern Recognition and Information Processing (Распознавание образов и обработка информации): материалы 14-й Международной конференции. – 21–23 мая 2019, Минск, Беларусь. – С. 216–218.

УДК 621.865+681.51

**Яловой П. С.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Касьяник В. В.**

**ИНТЕГРАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО РОБОТА СО СТАНКОМ CNC  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ ROBLAB И MACH3**

Робототехника – это сфера, которая стабильно впитывает все самые передовые технологические достижения и разработки целого ряда дисциплин, таких как: электроника, электромеханика, радиотехника, телемеханика, информатика. Именно технологии робототехники во многом обеспечили процветание роботизированных механизмов и привели к тому, что сегодня наша жизнь без них не представляется возможной, особенно в промышленности, где применяются станки с числовым программным управлением (ЧПУ).

Уровень автоматизации станка – основной критерий, позволяющий использовать станок в составе робото-технологического комплекса. Такой станок должен быстро перенастраиваться, обеспечивать контроль деталей, вывод стружки, обработку всех деталей, включенных в группу. Кроме того, автоматически зажимать и освобождать деталь, точно и надежно ее базировать на станке, автоматически менять инструмент при обработке, поджимать заготовку к торцу токарного патрона или к плоскости приспособления для ее установки. Станки с ЧПУ – это станки с компьютерным управлением. До ЧПУ станки управлялись вручную механиками. С помощью ЧПУ компьютер управляет сервоприводами, которые приводят машину в действие. Таким образом, постоянного человеческого внимания не требуется, хотя для запуска станков все же необходимы операторы.

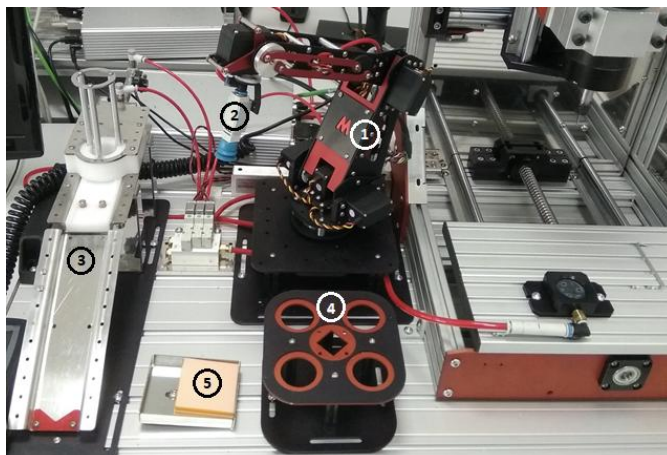
Применение ЧПУ станка с роботом позволит повысить степень автоматизации и освободить оператора от функции загрузки обрабатываемой заготовки и съема готовой детали или производить установку заготовки на многоцелевых станках во время обработки предыдущей заготовки. Это, в свою очередь, сократит простои станка, повысит его производительность и уменьшит потери рабочего времени.

Актуальность работы заключается в том, что в настоящее время неправильное восприятие профессии оператора станка с ЧПУ является роковым для молодежи, стремящейся найти работу в этой отрасли. Найти мотивированного, грамотного, способного к самостоятельной работе человека почти невыполнимая задача. При этом для опытного оператора интересной задачей также является настройка станка, но, когда все это позади и начинается производство, весь интерес пропадает, поскольку после этого начинаются операции по загрузке и выгрузке изделий из станка. Роботы же могут применяться везде, где требуется точность, скорость, где надо выполнять монотонные или опасные для человека операции или работать в агрессивной среде. А интеграция робота со станком ЧПУ – это то, что повысит производительность труда и конкурентоспособность фирмы [1].

В качестве образовательного робота выступает робот RobTRAIN2 (рисунок 1).

Робот RobTRAIN2 построен как функциональная модель промышленного робота-манипулятора PUMA (Programmable Universal Machinefor Assembly – программируемый универсальный манипулятор для сборки). Он имеет кинематическую цепную структуру пятиосевого робота-манипулятора PUMA. Благодаря используемым материалам и конструкции, несмотря на их небольшие размеры, их элементы жесткие и долговечные, что обеспечивает многолетнюю бесперебойную работу. В то же время применяемые приводы означают, что RobTRAIN2 соответствует техническим предположениям для «взаимодействующих роботов», т. е. во время работы ему не требуется корпус с защитными клетками, поскольку столкновения с телом человека или другими элементами в его рабочем пространстве не могут нанести травмы человеку, как

прямо, так и косвенно. Однако следует помнить, что при работе с любым оборудованием, содержащим движущиеся части, рекомендуется соблюдать особую осторожность и использовать защитные очки.



**Рисунок 1 – Образовательный робот RobTRAIN2: 1) пятиосевой манипулятор робота; 2) вакуумный захват; 3) рампа; 4) поддон; 5) контейнер**

Робот RobTRAIN2 состоит из трех основных модулей:

- 1) пятиосевой манипулятор робота;
- 2) контроллер робота;
- 3) захват, соответствующий конкретной задаче робота.

Контроллер робота-манипулятора RobTRAIN2 является неотъемлемой частью робота, и без него манипулятор не работает (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Контроллер робота-манипулятора RobTRAIN2**

Задача контроллера – интерпретировать команды из специального приложения управления RobLAB, управлять движением робота, а также дополнительными элементами, такими как управляющие клапаны захвата, или в случае более сложных комплектов, таких как MiniFMS2, – склады подачи, конвейеры, бинарные манипуляторы и т. д.

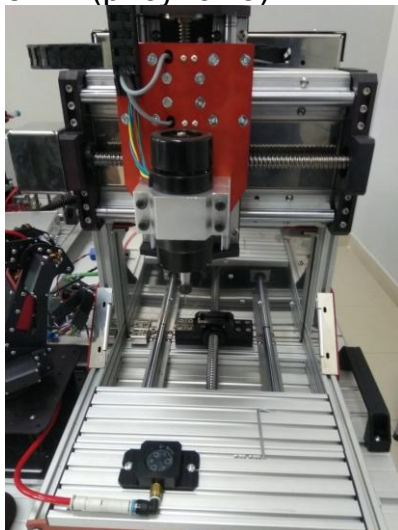
Контроллер робота может работать без подключения к манипулятору робота RobTRAIN2 – его можно использовать в качестве интерфейса для двоичного управления другими приводами – доступно 8 двоичных входов и 8 выходов, работающих в промышленном стандарте сигнала 24 В постоянного тока.

Робот-манипулятор изготовлен из легкой ажурной алюминиевой конструкции, обеспечивающей жесткость элементов двигателя, управляемых передо-

выми цифровыми серводвигателями RC.

В качестве CNC станка выступает фрезерный станок MiniMILL.

MiniMILL – это полноценный мини-фрезерный станок, разработанный и предназначенный для обучения (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Трёхосевой фрезерный станок CNC MiniMILL**

Его можно использовать как для обучения программированию на языке RS274 (G-код), так и для выполнения точных фрезерных работ, таких как гравировка надписей, изготовление небольших прототипов пластин для электроники, изготовление мелких прецизионных деталей из пластика или алюминия.

MiniMILL – это фрезерный станок с типичной кинематической цепью XYZ со шпинделем, перемещающимся по осям X и Z (портальная система с фиксированными километрами). Машина приводится в движение шаговыми двигателями, а шпиндель представляет собой электродвигатель постоянного тока мощностью 500 Вт. Фрезерный контроллер встроен в конструкцию станка. Это решение обеспечивает жесткость и точность машины (намного выше, по сравнению с азиатским решением), экономит пространство на поверхности стола и сокращает время, необходимое для подготовки машины к обучению (размещение элементов машины на столе, проводка и т. д.) [2,3]. Описание структуры системы представлено на рисунке 4.

Узлу «Контроллер» будет отводиться работа по контролированию работы робота-манипулятора и станка CNC. Задача контроллера – интерпретировать команды из специального приложения управления RobLAB и управлять движением робота, а также станком CNC.

«Датчик» – узел, обеспечивающий корректную работу и взаимодействие робота-манипулятора и станка CNC. Как только робот-манипулятор кладет элемент (желтый диск) в лоток для обработки, станку подается сигнал для начала работы.

Узел «Станок CNC» отвечает за работу останавливающего и выталкивающего элемента для корректного пропускания и точного позиционирования продукта.

«Взаимодействие с RobLAB» – узел, отправляющий информацию о текущем состоянии робота: положение, сигналы.

Узел «Робот-манипулятор» будет работать согласно следующему набору инструкций:

1) взаимодействие с узлом «Рампа»: робот-манипулятор берет элемент с рампы и кладем в «Поддон 1»;

2) работа с узлом «Контейнер»: робот-манипулятор переносит элемент

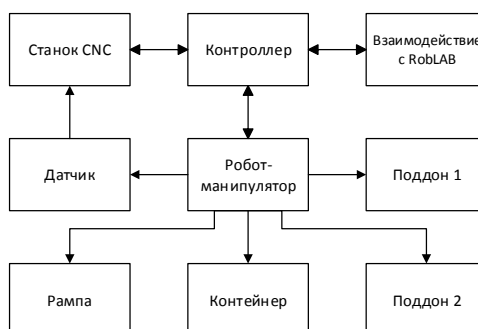
(желтый диск) от стола для обработки в «Контейнер»;

3) взаимодействие с узлом «Поддон 1»: робот-манипулятор переносит элемент (желтый диск) из «Поддон 1» на стол для обработки «Станка CNC»;

4) взаимодействие с узлом «Рампа»: робот-манипулятор берет элемент с рампы и кладет в «Поддон 2»;

5) работа с узлом «Контейнер»: робот-манипулятор переносит элемент (желтый диск) от стола для обработки «Станка CNC» в «Контейнер»;

6) взаимодействие с узлом «Поддон 2»: робот-манипулятор переносит элемент (желтый диск) из «Поддон 2» на стол для обработки «Станка CNC».



**Рисунок 4 – Структура системы**

В результате выполненных исследований построена компьютерная модель образовательного робота-манипулятора RobTRAIN2 со всеми элементами, необходимыми для интеграции со станком CNC, в программной среде RobLAB. Образовательный робот-манипулятор RobTRAIN2 был подключен к периферийному оборудованию, и была реализована программа работы робота в компьютерной модели. Далее на основании построенной компьютерной модели спроектирована архитектура программного средства и выделены основные узлы системы. Описаны возможные сценарии работы системы, включая всевозможные варианты ошибок и исключений. Написаны коды работы робота-манипулятора (образовательного робота) и фрезерного станка CNC (ЧПУ), позволяющие осуществить их интеграцию.

Применение интеграции робота-манипулятора со станком CNC позволит повысить степень автоматизации и освободить оператора от функции загрузки обрабатываемой заготовки и съема готовой детали или производить установку заготовки на многоцелевых станках во время обработки предыдущей заготовки. Это, в свою очередь, сократит простои станка, повысит его производительность и уменьшит потери рабочего времени.

Поэтому использование роботов на производстве конкурентоспособно и рентабельно – оно повышает не только производительность, но и качество выпускаемой продукции, а также существенно улучшает условия труда работников.

#### **Список цитированных источников**

1. Характеристика и описание программы для управления ЧПУ станком Mach3 [Электронный ресурс]. – <https://vseochpu.ru/mach3-programma-dlya-upravlenie-chpu-stankom/>, 2019.

2. Что такое станок с ЧПУ [Электронный ресурс]. – <https://trace-magic.ru/statii/stanki-s-chpu/chto-takoe-stanok-s-chpu>, 2019.

3. Робот становится станком с ЧПУ [Электронный ресурс]. – <http://www.mirprom.ru/public/robot-stanovitsya-stankom-s-chpu.html>, 2019.

**ПРОБЛЕМЫ  
МАШИНОСТРОЕНИЯ  
И ЭКСПЛУАТАЦИИ  
АВТОМОБИЛЬНОГО  
ТРАНСПОРТА**

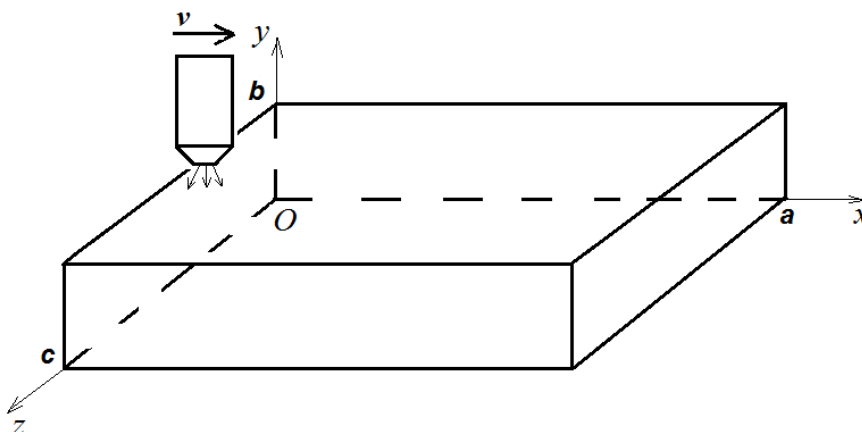
## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЯХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ДВИЖУЩЕЙСЯ ПЛАЗМЕННОЙ ДУГИ

В любом процессе термообработки важным фактором является исследование распределения полей температур [1]. Задача определения температурных полей при поверхностном плазменном упрочнении металлов заслуживает особого внимания, так как, зная распределение температуры по глубине образца в различные моменты времени при его нагреве и последующем охлаждении за счет быстрого отвода тепла, можно прогнозировать изменение структурных характеристик сталей в рассматриваемой точке.

Трудности, связанные с проведением экспериментальных исследований по непосредственному измерению температурных полей в приповерхностном слое обрабатываемой детали при поверхностной плазменной закалке привели к необходимости теоретического исследования температурных полей, т. е. разработки методики и алгоритма решения задачи теплопроводности с соответствующими краевыми условиями.

Для проведения теоретических исследований сначала проводится эксперимент по определению температуры как функции времени в точках, достаточно удаленных от приповерхностного слоя, при известных граничных условиях на всех поверхностях обрабатываемой детали (за исключением поверхности подверженной воздействию плазменной дуги). На основе решения обратной задачи теплопроводности [2] восстанавливаются характеристики теплового нагружения (поле температур или плотность теплового потока) на поверхности обрабатываемой детали. Затем на основе решения прямой задачи теплопроводности находится температурное поле в приповерхностном слое.

Рассмотрена задача определения температурного поля в приповерхностном слое пластины с размерами  $a$ ,  $b$ ,  $c$  нагреваемой в плоскости  $y = b$  плазматроном, движущимся со скоростью  $v$  вдоль оси  $x$  (рисунок 1). При достаточно больших скоростях движения плазматрона, имеющих место в реальных условиях, с достаточной степенью точности можно пренебречь распространением тепла в направлении оси  $Ox$ .



**Рисунок 1 – Схема температурного нагружения образца движущимся источником тепла**



Считая, что нижняя поверхность адиабатически изолирована и что при экспериментальных исследованиях определяется температура на грани  $y = 0$ , получим двухмерную нестационарную краевую задачу теплопроводности:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \left( \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right), \quad 0 < y < b, \quad 0 < z < c, \quad 0 < \tau \leq \tau_m, \quad T(x, y, z, 0) = \varepsilon(x, y, z),$$

$$\frac{\partial T(x, y, 0, \tau)}{\partial z} = \frac{\partial T(x, y, c, \tau)}{\partial z} = \frac{\partial T(x, 0, z, \tau)}{\partial y} = 0, \quad T(x, 0, z, \tau) = f(x, z, \tau), \quad (1)$$

где  $T$  – температура,  $a$  – коэффициент температуропроводности,  $\varepsilon, f$  – известные функции.

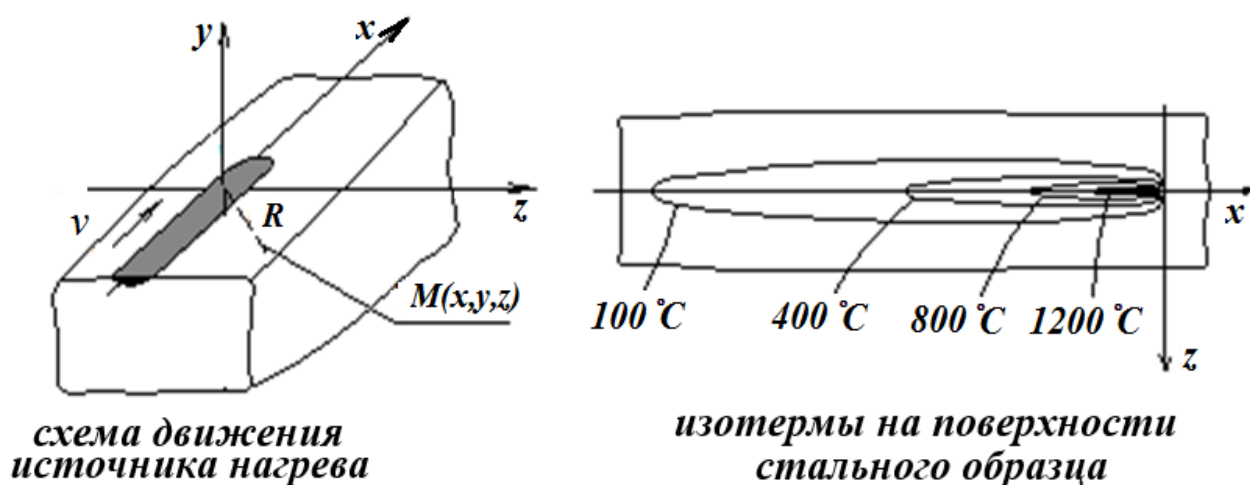
Неизвестной на первом этапе является плотность теплового потока:

$$q(x, z, \tau) = -\lambda \frac{\partial T(x, b, z, \tau)}{\partial y}, \quad (2)$$

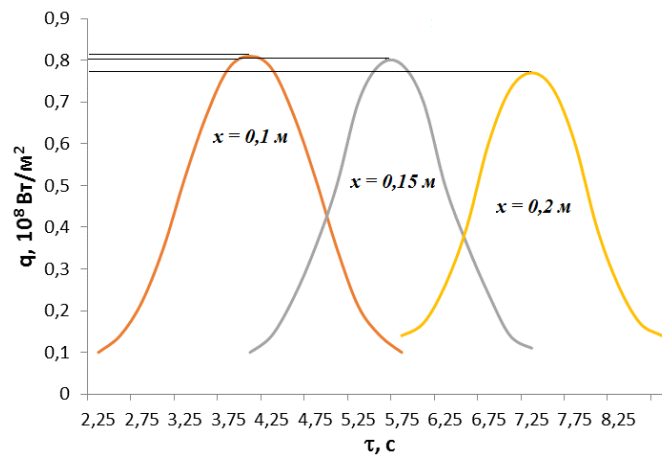
где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности.

Данная величина используется в качестве исходных данных для решения прямой краевой задачи теплопроводности по определению полей температур при реальных условиях наличия теплообмена на боковых и нижней грани.

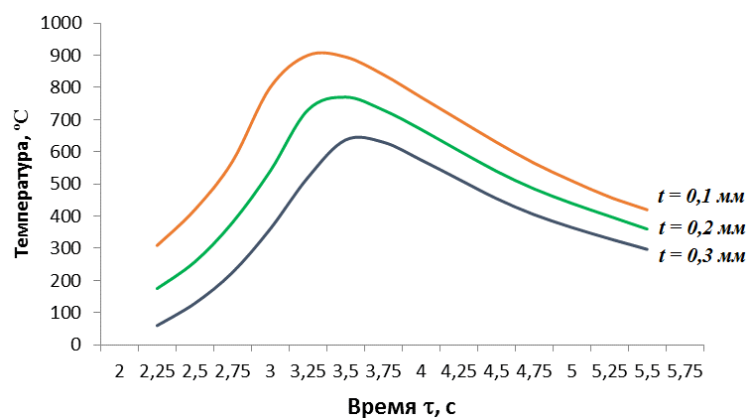
Таким образом, для определения плотности теплового потока проводятся экспериментальные исследования по определению температурного поля на адиабатически изолированной нижней грани пластины при движении плазмотрона вдоль верхней грани. При экспериментальных исследованиях использовалась пластина с линейными размерами  $b$  и  $c$ , которые позволили исключить необходимость адиабатической изоляции боковых граней. По результатам последующего решения задачи теплопроводности получено распределение температуры в приповерхностном слое пластины. Типичные зависимости для пластины из стали 45 приведены на рисунках 2–4.



**Рисунок 2 – Распределение температуры в поверхностном слое стали 45**

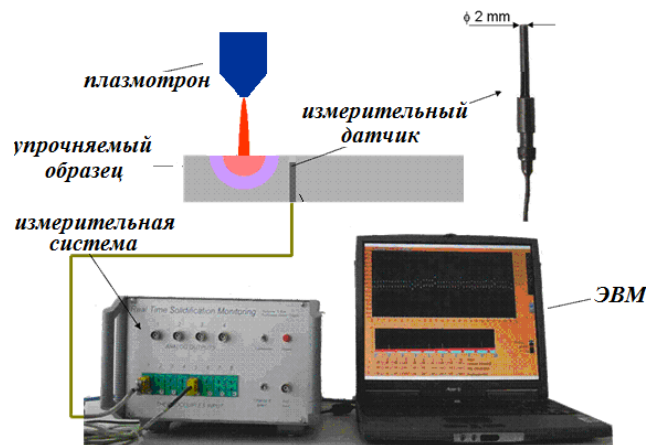


**Рисунок 3 – Результаты расчета функции  $q(x,z,\tau)$  при скорости движения плазматрона  $v=30 \text{ мм/с}$  ( $I=90 \text{ А}$ ,  $U=110 \text{ В}$ ,  $z=0,08 \text{ м}$ )**



**Рисунок 4 – Типичные зависимости температуры в приповерхностном слое образца от времени ( $v=30 \text{ мм/с}$ ,  $I=90 \text{ А}$ ,  $U=110 \text{ В}$ ,  $z=0,08 \text{ м}$ ,  $x=0,1 \text{ м}$ )**

Для контроля полученных результатов проведены исследования температурных полей при помощи приборной системы [3], внешний вид которой показан на рисунке 5. Основными элементами измерительной системы являются цифровой анализатор и компьютер. Цифровой анализатор позволяет усиливать малый аналоговый сигнал, отфильтровывать его, отцифровывать и масштабировать. Взаимодействие с системой обеспечивается компьютером. Система позволяет выполнять регистрацию температуры со скоростью до 1000 измерений в секунду.



**Рисунок 5 – Приборная система**

На основании экспериментальных исследований при помощи приборной системы получены значения температурного поля приповерхностного слоя образцов от времени при воздействии движущейся плазменной дуги.

Исходя из проведенных экспериментов и теоретических расчетов можно констатировать, что максимальное расхождение температуры в точках поверхностного слоя образца не превышает 15 %.

#### Список цитированных источников

1. Спиридонов, Н.В. Плазменные и лазерные методы упрочнения деталей машин / Н.В. Спиридонов, О.С. Кобяков, И.Л. Куприянов. – Минск: Высшая школа, 1988. – 155 с.
2. Тёмкин, А.Г. Обратные задачи теплопроводности. – М.: Энергия, 1973. – 464 с.
3. Веремейчик, А.И. Теоретические исследования температурных полей при воздействии плазменной струи по результатам экспериментальных данных / А.И. Веремейчик, М.И. Сазонов, В.М. Хвисевич, И.Г. Томашев // Теоретическая и прикладная механика. – 2017. – Вып. 32. – С. 94–99.

УДК 637.5:664.3.032

**Бурштын А. В.**

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

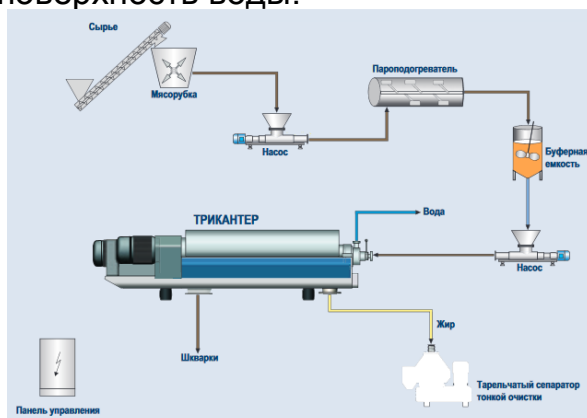
### СИСТЕМА МАШИН ДЛЯ МЯСОЖИРОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВОГО ЖИРА

В результате убоя и разделки скота на выходе получают кроме мяса на кости различные продукты убоя, в том числе жир-сырец, который является сырьем для производства пищевого жира.

**Цель и задачи исследования.** Целью является организация серийного производства технологической линии на машиностроительном предприятии Республики Беларусь. Производство пищевого жира – дорогостоящее мероприятие, поэтому оно рентабельно для мясожировых производств мощностью от 60 свиней в час и от 25 КРС в час. Задачей настоящих исследований является разработка технологической линии производства пищевого жира для мясожировых производств мощностью от 60 до 120 свиней в час и от 25 до 50 КРС в час.

Существует два основных метода переработки пищевого жира: мокрый и сухой.

Мокрый способ вытопки (рисунок 1) заключается в том, что в течение всего процесса жировое сырье находится в непосредственном соприкосновении с водой или острым паром. Соединительно-тканые белки сырья под действием влаги и тепла гидролизуются и частично растворяются, высвобождая жир, который всплывает на поверхность воды.



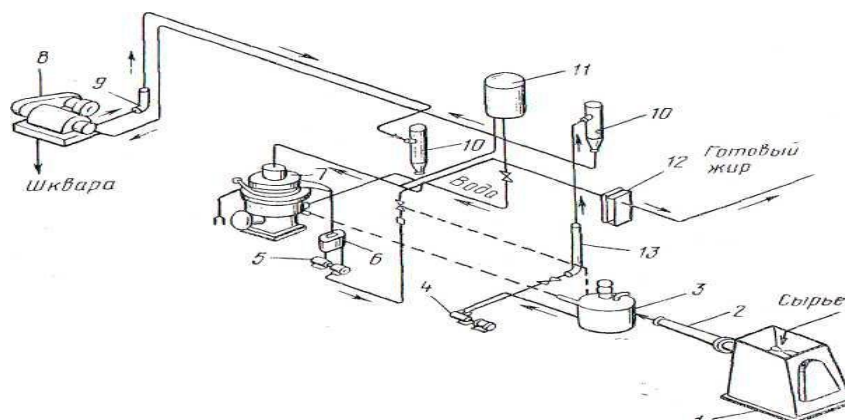
**Рисунок 1 – Схема мокрого способа вытопки жира**

Сырье в технологическом резервуаре транспортируется для обработки, опрокидыватель загружает сырье в приемный бункер с мясорубкой, где оно измельчается. Подогрев измельченного сырья в пределах температуры 50-90\*С происходит за 90 сек. При помощи роторного насоса в процессе транспортировки сырье перемешивается и загружается в резервуар для вытопки жира и удаления влаги ВК-500 (с мешалкой). В резервуаре происходит следующее: в трехслойной емкости идет подача пара в Г-образный штрипс, давление в котором 3 бара; происходит растопление жира и идет перемешивание рамной мешалкой, а снизу накапливается рабочий жир для дальнейшей обработки. Далее сырье поступает на декантер для отделения шквары от жидкого жира.

Теперь очищенный жир от шквары перекачивают насосом, подают на фильтр для очистки от мелких частиц шквары, так называемая доочистка, а неочищенную продукцию перекачивают назад в резервуар с мешалкой для повторной операции очистки и измельчения продукта, дабы повысить процент выхода переработанной продукции. Из отстойника, где окончательно очищали жир обогревом и охлаждением, перекачиваем очищенный жир на кристаллизатор-охладитель для фасовки в тару.

Существует несколько методов извлечения жира: вытопка, экстракция и гидромеханический способ.

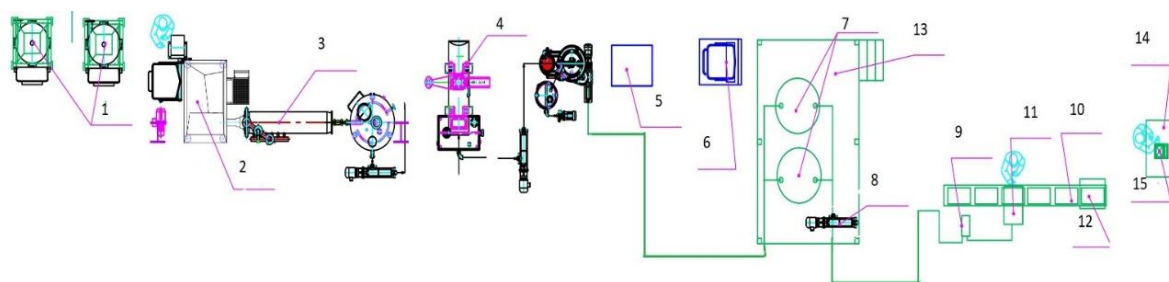
Сухой способ вытопки характеризуется тем, что влага, содержащаяся в сырье, во время вытопки испаряется или удаляется под вакуумом (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Схема сухого метода вытопки жира**

Жировая масса из плавильного чана не подвергается тонкому измельчению на дезинтеграторе. Жировое сырье с мест сбора передается сжатым воздухом из передувочных баков в бункер волчка с диаметром отверстий 8 и 3 мм, где измельчается. В камеру измельчения волчка через сопло подают пар для нагревания сырья до 50 °С. Измельченное сырье поступает в трубчатый плавитель, где плавится острым паром. Из плавителя жировую массу температурой 55-60 °С направляют в промежуточный котел с мешалкой для окончательного плавления при 65 °С. Расплавленную жиромассу подают в горизонтальную отстойную центрифугу для отделения жира от шквары. Последняя направляется на сушку, а водно-жировую эмульсию через подогреватель-идеаэратор насосом перекачивают в сепаратор. Очищенный жир охлаждают, подают на упаковывание или розлив в бочки. Свиной жир, направляемый на фасование, охлаждают до 15°С. Продолжительность цикла 7-8 мин. Выход жира – 99,5% содержания его в сырье.

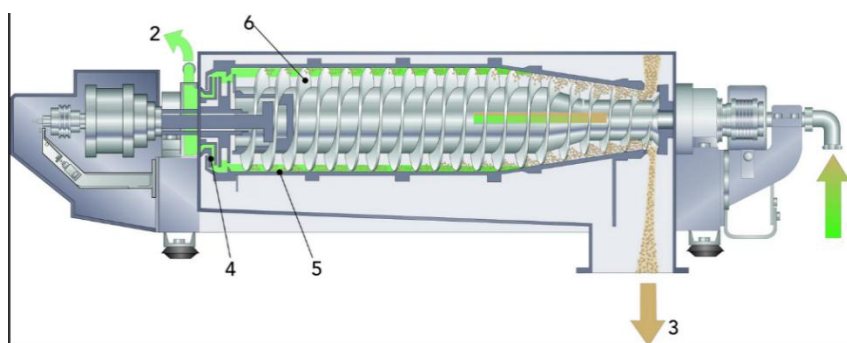
В мокром способе вытопки жира происходит кондуктивный нагрев жира-сырца за счет контакта с греющей поверхностью. Влага, содержащаяся в жире-сырце, испаряется. Белки жировой ткани дегидратируют, оболочки жировых клеток становятся хрупкими и разрушаются. Жир расплавляется, выделяется из клеток и частично задерживается за счет адсорбции на сухих поверхностях белковых частиц. В этом случае образуется двухфазная система, состоящая из шквары и жира. Окончательное отделение жира от шквары осуществляется физическими методами: прессованием или центрифугированием. В мокром способе вытопки жир-сырец находится в непосредственном контакте с водой или острым паром. При этом образуется трехфазная система – жир, бульон (клеевая вода) и влажная шква. Выбран мокрый метод вытопки жира из-за простоты вытопки и выигрыша в экономическом плане, т. е. затраты энергии на нагревание воды и ее использовании. Разработана машинно-аппаратурная схема, которая проста и экономически выгодная на сегодняшний день.



**Рисунок 3 – Машинно-аппаратурная схема для вытопки жира-сырца**

**Основное оборудование, входящее в технологическую схему.** На шнековых прессах непрерывного действия отжим жира происходит в результате сжимания шквары при ее продвижении через зер благодаря уменьшению свободного объема, в котором заключена шква. Свободный объем уменьшается вследствие изменения шага витков, диаметра ступицы вала шнека и внутреннего диаметра зеера.

При прессовании шквары происходят такие процессы, как отделение жидкой фазы (жира) от твердой (шквары) и соединение твердых частиц с образованием жмыха в виде брикетов (на гидравлических прессах) или сегментов (ракушек) различной величины (на шнековых прессах).

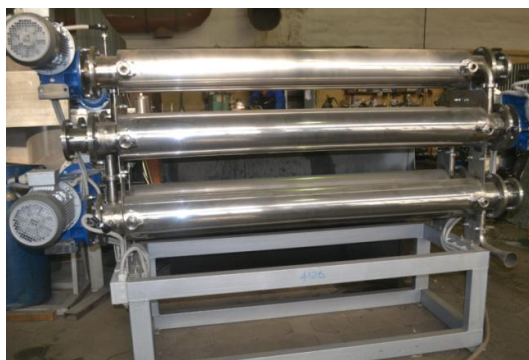


**Рисунок 4 – Декантер шнековый СМУ-Б для отделения шквары от жидкого жира**

Вотатор представляет собой вертикальный/горизонтальный цилиндр с перемешивающим устройством скребкового типа, охлаждаемый холодной или



ледяной водой, пропиленгликолем, в котором происходит взбивание, охлаждение и механическая обработка продукта. На выходе из вотатора продукт имеет мелкокристаллическую структуру, которая обладает высокой пластичностью, легкоплавкостью, хорошей консистенцией и отличными вкусовыми качествами. Вотаторы осуществляют термомеханическую обработку для регулирования пластичности готового продукта. Вотатор снабжен плавающими самоцентрирующимися скребками. Благодаря конструктивным особенностям в вотаторе отсутствуют застойные зоны.



**Рисунок5 – Кристаллизатор-охладитель жира перед фасовкой (вотатор)**

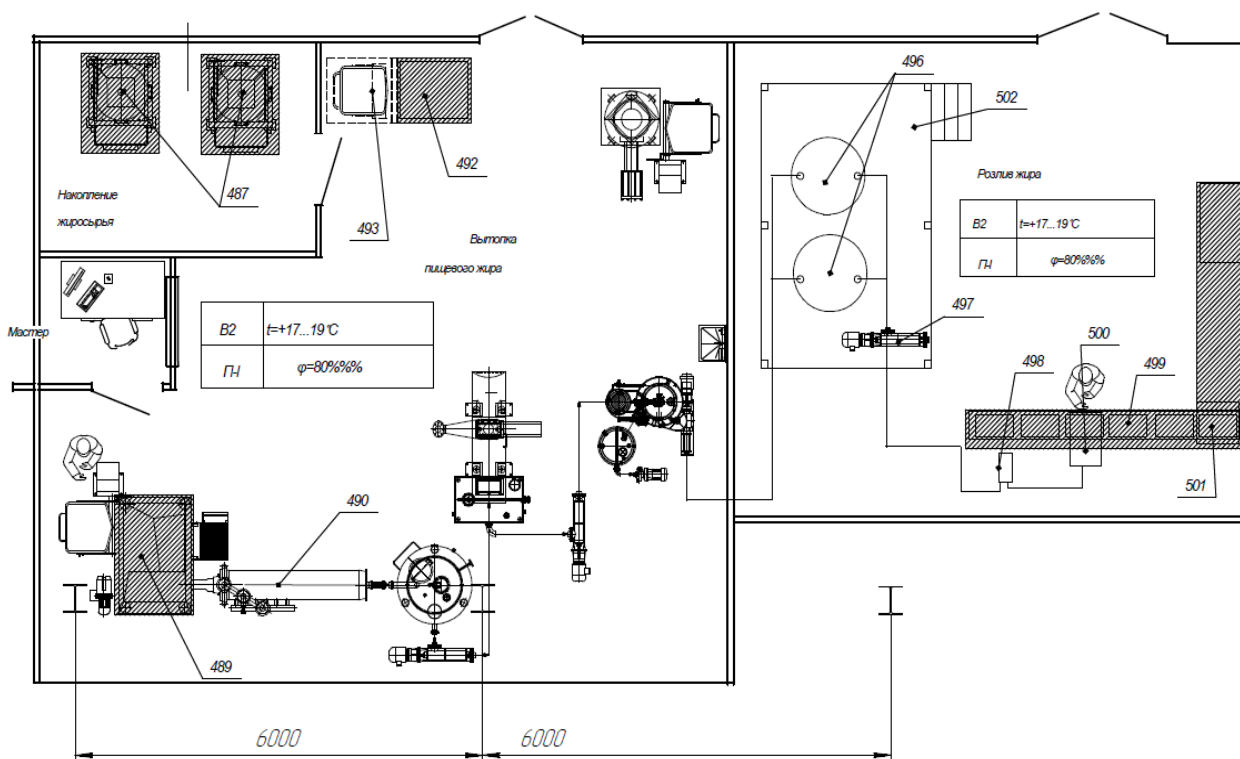
### **Описание технологического процесса**

Технологический резервуар служит для приема исходного сырья и промывки жира-сырца (поз. 1). После промывки сырье в технологическом резервуаре транспортируется в приемный бункер (поз. 2), в составе которого имеется мясорубка для измельчения сырья. В мясорубке можно устанавливать габариты измельчения 20-30 мм. Подогревается измельченное сырье в пределах температуры 50-90\*С за 90 сек. Этот процесс будет контролироваться встроенным и настраиваемым датчиком температуры. При помощи роторного насоса (поз. 3) сырье в процессе транспортировки перемешивается. Патрубок подключен к винтовому насосу ОНВ-6 (поз. 4), который перекачивает сырье в резервуар для вытопки жира и удаления влаги ВК-500 с мешалкой (поз. 5). Перекачивание сырья будет осуществлять оператор, сидящий за пультом управления, контролируя скорость ротора и температуру. Работа в резервуаре (поз. 6) заключается в следующем: в трехслойной емкости идет подача пара в Г-образный штрипс, давление в котором 3 бара; происходит растопление жира и перемешивание рамной мешалкой, а снизу накапливается рабочий жир для дальнейшей обработки. Процесс контролируется пультом управления. Винтовой насос перекачивает сырье на декантер (поз. 7) для отделения шквары от жидкого жира.

Теперь очищенный жир от шквары подаем на фильтр для очистки жира от мелких частиц шквары, так называемая доочистка, а неочищенную продукцию перекачиваем назад в резервуар с мешалкой для повторной операции очистки и измельчения продукта, дабы повысить процент выхода переработанной продукции.

Из отстойника, где окончательно очищали жир обогревом и охлаждением, перекачиваем очищенный жир насосом (поз.8) на кристаллизатор-охладитель (поз.9) для фасовки в тару. На рис. 6 – частотный преобразователь (поз.10) для регулирования скорости насоса подачи на фасовку через весовой дозатор (поз.11), перемещение тары (поз.12), (поз.14 и поз.15) – оператор на пульте управления.

Практическое применение результатов НИР. ПУП «Оршанский мясоконсервный комбинат» объявил тендер на поставку оборудования для производства пищевого жира для строящегося мясожирового цеха мощностью 30 КРС в час и 80 свиней в час. ООО «ФИНА» совместно с БрГТУ разработало предложение (рисунок 6) и выиграло тендер.



**Рисунок 6 – Технологическая планировка участка вытопки и розлива пищевого жира**

В ходе выполнения настоящей работы была создана схема технологической линии производства пищевого жира для мясожировых производств мощностью от 60 до 120 свиней в час и от 25 до 50 КРС в час. Данная разработка представляет интерес как для мясоперерабатывающей отрасли РБ, так и для стран СНГ, так как поголовье животных растет и требуется увеличение производственных мощностей. Результаты настоящей работы применены при разработке тендерного предложения для ПУП «Оршанский мясоконсервный комбинат» и являются основанием для разработки рабочей документации для серийного производства линии, а также для разработки технологического оборудования, входящего в состав линии.

#### **Список цитированных источников**

1. Ивашов, В.П. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2010. – С. 509-531.
2. Мясожировое производство: убой животных, обработка туш и побочного сырья. – М.: ВНИИ мясной промышленности, 2007. – С. 249-299.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://promeat-industry.ru/obschaya-tehnologiya-myasa/1274-ustanovki-de-laval-centriflou-i-centriflou-mayonor.html>
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://uralmash.net/0811\\_SER\\_votator.html](http://uralmash.net/0811_SER_votator.html)
5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://food-mechanics.ru/?p=1237>

## НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ

При выборе материала основы для изготовления заготовок колец пар принципиальной особенностью является то, что соединяются совершенно разнородные материалы, как по химическому составу, так и по физико-механическим свойствам. При этом материалы основы заготовки должны хорошо смачиваться пропиточным материалом (матричная связка) и не вызывать в нанесенном слое остаточных напряжений, приводящих к появлению трещин, обладать высокой коррозионной стойкостью в агрессивных средах.

Целью работы является исследование напряженного состояния износостойкого покрытия.

Одним из путей повышения качества и долговечности деталей машин является нанесение различными способами на их поверхность износостойкого материала. Это обеспечивает требуемые свойства деталей и сокращает расход дорогостоящего износостойкого материала. Однако, как правило, наносимое покрытие и основной материал детали имеют разные температурные коэффициенты линейного расширения и другие физико-механические свойства, что вызывает возникновение остаточных напряжений на поверхности детали. Величина и характер распределения остаточных напряжений влияет на износостойкость покрытия, возникновение и развитие трещин в нем, сопротивление усталости. Поэтому анализ напряженного состояния детали является важной задачей. Оценить напряженное состояние износостойкого покрытия возможно с помощью предлагаемой математической модели.

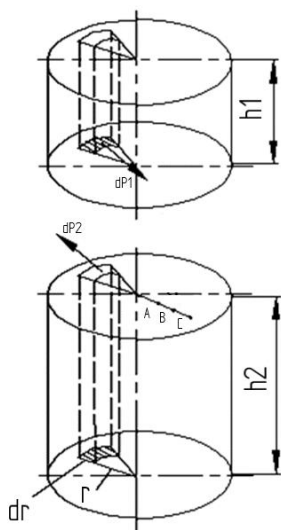
Для упрощения вычислений при разработке модели деталь рассматривается как биметаллическое изделие, состоящее из стального цилиндра высотой  $h_2$  и цилиндра из износостойкого материала высотой  $h_1$ . Расчет основан на том, что разность изменения радиусов цилиндров из стали и износостойкого материала, имеющая место при охлаждении детали после нанесения покрытия, например, наплавки, до температуры окружающей среды, компенсируется за счет деформации стали и износостойкого покрытия. При этом происходит круговой изгиб детали и возникновение остаточных напряжений. Считается, что переходная зона «сталь – износостойкое покрытие» абсолютно жесткая, все деформации упругие, характеристики материалов не зависят от температур, износостойкое покрытие имеет меньший коэффициент линейного расширения.

Рассмотрим точку, лежащую на расстоянии  $r$  от оси изделия на границе раздела «покрытие – сталь» (рис. 1). При охлаждении после нанесения покрытия до температуры окружающей среды точка, принадлежащая стальному цилиндру, заняла бы положение А, а точка, принадлежащая цилиндру из износостойкого материала, - положение С. Однако так как соединение стали и покрытия уже произошло, то конечное равновесие определяется положением В. При этом

$$\Delta_1 + \Delta_2 = \Delta = (\alpha_1 - \alpha_2) \cdot (T_H + T_0) \cdot r, \quad (1)$$

где  $\alpha_1, \alpha_2$  – коэффициенты линейного расширения покрытия и стали;  
 $T_H, T_0$  – температуры нанесения покрытия и окружающей среды.





**Рисунок 1 – Расчетная схема для модели напряженного состояния износостойкого**

Переходя к относительным деформациям, получаем

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = \varepsilon_T = (\alpha_1 - \alpha_2) \cdot (T_H + T_0) \quad (2)$$

Напряжения, вызванные разностью изменения радиусов цилиндров из стали и износостойкого материала, могут передаваться только через диффузионную зону, поэтому в ней возникают деформации сдвига и касательные напряжения  $\tau$ , направленные по радиусу.

Мысленно рассечем деталь по переходной зоне и рассмотрим два криволинейных шестигранника со сторонами  $dr$ ,  $r d\phi$ ,  $h_1$  и  $dr$ ,  $r d\phi$ ,  $h_2$ . На шестигранник из износостойкого материала действует элементарная сила  $dP_1$ , которая направлена по радиусу к центру детали, так как покрытие имеет меньший, чем сталь коэффициент ли-

нейного расширения. У переходной зоны покрытие испытывает сжимающие напряжения, а на свободной поверхности – растягивающие.

$$dP_1 = \tau_1(r) \cdot r \cdot dr \cdot d\phi, \quad (3)$$

$$\tau_1(r) = \varepsilon_1 \cdot r \cdot G_1 / h_1,$$

где  $G_1$  – модуль сдвига покрытия.

Аналогично, на стальной шестигранник действует сила  $dP_2$ :

$$dP_2 = \tau_2(r) \cdot r \cdot dr \cdot d\phi, \quad (4)$$

$$\tau_2(r) = \varepsilon_2 \cdot r \cdot G_2 / h_2.$$

Из условия равновесия

$$dP_1 = dP_2 \quad (5)$$

находим, что

$$\varepsilon_1 = -\frac{\varepsilon_T \cdot G_2 \cdot h_1}{(G_2 \cdot h_1 + G_1 \cdot h_2)} \quad (6)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\varepsilon_T \cdot G_1 \cdot h_2}{(G_2 \cdot h_1 + G_1 \cdot h_2)} \quad (7)$$

Под действием элементарной силы  $dP_1$  шестигранник из износостойкого материала будет испытывать внецентренное сжатие. После преобразований определим радиальные  $\tau_r$  и окружные  $\tau_t$  напряжения на поверхности покрытия:

$$\tau_r = \frac{\varepsilon_T \cdot G_1 \cdot G_2 \cdot r^2}{h_1 \cdot (G_2 \cdot h_1 + G_1 \cdot h_2)}, \quad (8)$$

$$\tau_t = \frac{3 \cdot \varepsilon_T \cdot G_1 \cdot G_2 \cdot r^2}{h_1 \cdot (G_2 \cdot h_1 + G_1 \cdot h_2)} \quad (9)$$

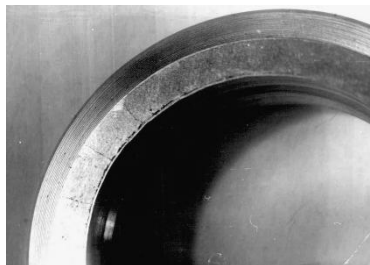
Уравнения (8 и 9) позволяют определить напряжения в покрытии у переходной зоны или напряжения в стали.

Принципиальной особенностью изготовления колец является то, что соединяются совершенно различные по своим физико-механическим свойствам и химическому составу материалы. Кольцо контактное является комбинированной деталью, основу которой составляет конструкционная сталь, а нане-

сенный на ее рабочую поверхность износостойкий поясok толщиной 2-3 мм в заданных чертежом размерах представляет собой твердый композиционный материал с высокими антифрикционными характеристиками. Механическая обработка таких колец не представляет технологических трудностей, так как только контактная торцовая поверхность требует при обработке применения специального сверхтвердого абразивного инструмента. В качестве заготовки контактных колец применимы конструкционные стали марки 20, 40, 45, легированные конструкционные стали 20X, 30X, 20XH, 40X, 40XH и др.

В условиях агрессивных сред для обеспечения коррозионной стойкости контактных колец в качестве основы заготовки необходимо применять коррозионностойкие стали. Хорошей коррозионной стойкостью обладают нержавеющие стали аустенитного класса типа 08X18H9T, 08X18H10T, 12X18H9T и стали с повышенным содержанием хрома мартенситного класса типа 20X13, 30X13, 14X17H2 и др. При спекании и пропитке композиционного слоя заготовка нагревается до температуры 1200-1300 °С, поэтому при охлаждении в сталях происходят определенные структурные изменения.

Стали аустенитного класса хорошо смачиваются пропиточным материалом при спекании и пропитке, имеют коэффициент линейного расширения, близкий к коэффициенту линейного расширения композиционного материала, а структурные превращения в сталях не приводят к изменению ее объема. Мартенситное превращение в сталях сопровождается заметным увеличением объема, что приводит к возникновению остаточных напряжений, возникновению трещин в композиционном слое и его отслоению. Трещины могут возникнуть как в процессе охлаждения, так и в процессе механической обработки заготовки контактного кольца.



**Рисунок 2 – Фотография контактной поверхности композиционного слоя, нанесенного на кольцо из стали мартенситного класса 30X13**



**Рисунок 3 – Фотография контактной поверхности композиционного слоя, нанесенного на кольцо из стали мартенситного класса 30X13 через медную подложку**

Появление опасных остаточных напряжений в композиционном слое колец, основа которых выполнена из сталей мартенситного класса, устраняется не только путем подбора состава компонентов покрытия, что довольно сложно, но и путем предварительного нанесения на стенки и дно канавки стальной заготовки кольца пластичной металлической подложки. Для этих целей возможно применение меднения или металлизации поверхностей канавки сталью аустенитного класса с последующей зачисткой канавки под напрессовку шихты из твердосплавных порошков. Нанесение на поверхность мартенситных сталей износостойкого слоя через пластичную металлическую подложку не приводит к дефектам контактных колец (рис. 3).

Полученные результаты и выводы:

1. Повышение долговечности и надежности торцовых уплотнений достигается путем упрочнения рабочих поверхностей контактных колец пар трения методами послойного термического напекания твердосплавных порошков на основе карбида вольфрама. Разработана технология нанесения на контактные кольца из стали износостойких слоев композиционного покрытия из разнозернистых порошков карбида вольфрама и медьсодержащей матричной связки. Установлен оптимальный фазовый и фракционный состав порошков ВК-6, зернового карбида вольфрама и матричной медно-никелевой связки (90% Cu+10%Ni).

2. Исследовано влияние остаточных напряжений, возникающих в контактном слое в результате разности линейных расширений между композитом и различными марками сталей. Предложены технологические методы снижения этих напряжений путем введения промежуточной подложки из пластичных металлов и их сплавов в виде меднения или металлизации поверхности перед нанесением износостойкого слоя, что повышает качество контактных колец.

#### **Список цитированных источников**

1. Голуб, В.М. Нанесение износостойкого рабочего слоя из композиционного материала на основе порошков карбида вольфрама на контактные поверхности стальных деталей / В.М. Голуб, М.А. Свищев // 4-я Республиканская научно-техническая конференция "Материалы и технологии – 2000 (Matex-2000)": тезисы докладов. – Гомель, ИММС НАНБ, 2000. – С. 33–35.

2. Голуб, М.В. Нанесение износостойких слоев колец пар трения торцовых уплотнений валов нефтяных насосов и исследование их триботехнических характеристик / М.В. Голуб, В.М. Голуб // 2-й Международный конгресс «Защита-95». – Москва, 1995. –185 с.

УДК 637.5:664.3

**Данилюк Д. С.**

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

### **АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ, ВХОДЯЩЕГО В ЛИНИЮ ДЛЯ УБОЯ И РАЗДЕЛКИ СВИНЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 180 ГОЛОВ В ЧАС**

Исследования выполняются для определения прототипов разрабатываемых машин, входящих в состав линии убоя и разделки свиней производительностью до 180 голов в час. Разработка технологической линии убоя и разделки свиней 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».

Технологическая линия убоя и разделки свиней производительностью до 180 голов в час согласно классификации относится к линиям большой производительности. Такт обработки свиней составляет 30 секунд, поэтому по сравнению с линией 120 голов в час в линиях с производительностью 180 голов в час применяют рестрайнер-бокс, скребмашину непрерывного действия, шпарчан туннельного типа. Поэтому в данной работе рассматриваются только эти машины.

Рестрайнер-бокс (рисунок 1) представляет собой два наклонно установленных конвейера, которые образуют V-образную конструкцию и закреплен-

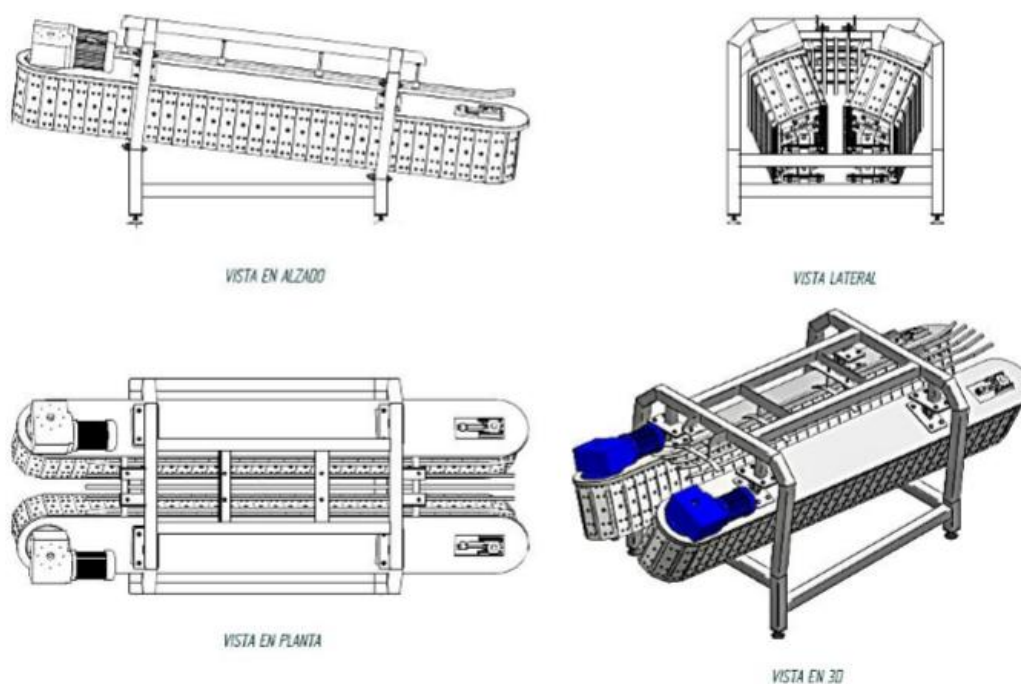
ные электроды. Животное охватывается конвейерами и принудительно перемещается вдоль к электродам. Бойцу удобно следить за физическим состоянием животного.

Предназначено для оглушения свиней непрерывным способом. Транспортируемые туши забираются с помощью резиновых ремней, работающих в системе "V". На конце устройства находятся оглушающие электроды. Параметры тока регулируются, что предоставляет возможность глушения свиней весом до 150 кг.



**Рисунок 1.1 – Бокс для оглушения свиней INTERMIK**

мощность	кВт	2x1,1
вес	кг	1800
длина	мм	4500
ширина	мм	1100
высота	мм	1600



**Рисунок 1.2 – Бокс для оглушения свиней Месапова**

Мощность	кВт	2x1,1
Вес	кг	1200
Длина	мм	3500
Ширина	мм	800

Служит для ошпарки свиных туш душевым методом. Туши ошпариваются в висячем положении, благодаря чему существует возможность сохранения легких (не происходит их заливание). Время ошпарки одной штуки – около 4,5 минуты с возможностью регулировки. Температура и уровень воды регулируются электронно. Размеры и строение шпарчана зависят от производительности и расположения линии. Вода в шпарчане может подогреваться при помощи пара или электрическим способом. Шпарчан представляет собой длинный туннель, по всей длине которого туши орошают влажным воздухом с температурой 63-65°C. В данной линии принимаем шпарчан туннельного типа фирмы MECANOVA (Испания) (рисунк 2).



**Рисунок 2 – Шпарчан туннельного типа Frontmatec (Дания)**

Машина служит для снятия щетины со свиных туш весом до 150 кг. Снятие щетины осуществляется через два вращающихся вала, оснащенных лапами. Вращая валы, они заставляют животное вращаться вокруг своей собственной оси так, что резиновые лопасти отрывают волосы животного одновременно с поверхностным эпидермисом. Машина оснащена системой душа, которая распределяет воду температуры 42° по всему телу животного, так что животное не теряет температуру на выходе из туннеля, задача которого ошпарить и очистить остатки волос, осажденных на теле животного (скребмашина фирмы MECANOVA рис. 3).



**Рисунок 3 – Скребмашина непрерывного действия FRONTMATEC**

**Таблица 1 – Технические характеристики скребмашины**

Производительность в час	Потребляемая мощность (кВт)	Длина (мм)	Ширина (мм)	Высота(мм)
180	22	3460	1981	2902

**Заключение.** В ходе выполнения настоящей работы проанализированы современные модели оборудования, входящие в состав технологической линии убоя и разделки свиней производительностью до 180 голов в час. Разработано техническое предложение технологической линии убоя и разделки свиней производительностью 180 голов в час. Результаты настоящей работы являются основанием для разработки технического проекта технологической линии убоя и разделки свиней производительностью до 180 голов в час, а также для разработки технологического оборудования, входящего в состав линии.

#### **Список цитированных источников**

1. Ляшук, Н.У. Классификация мясожировых производств по мощности и технологических линий убоя и разделки скота по производительности / Н.У. Ляшук, Ю.В. Сакович // Мясная индустрия. – 2019. – №3, – Москва, 2019. – С. 40-44.
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.
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://intermik.ru/>
5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mecanova.ru/>

УДК 637.5:664.3

**Данилюк Д. С.**

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

### **СИСТЕМА МАШИН ДЛЯ МЯСОЖИРОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ УБОЯ И РАЗДЕЛКИ СВИНЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 180 Г/ЧАС**

**Введение.** Разработка технического предложения технологической линии убоя и разделки свиней выполняется в соответствии с НИОК(Т)Р «Разработка системы машин для мясожировых производств» госрегистрация № 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.

Для оценки целесообразности разработки линии производительностью 180 голов в час анализируем статистические данные развития поголовья свиней в Республике Беларусь и Российской Федерации в таблице 2 [2].

**Таблица 1 – Классификация линий убоя и разделки свиней большой мощности**

№ п/п	Производительность линии, голов в ч	Критерии классификации, характеристика применяемого оборудования	Применение линий
1	До 180	<ul style="list-style-type: none"> <li>– шпарка производится в роторном шпарчане, возможно применение вертикальной шпарки;</li> <li>– применяется отдельно порталная скребмашина и опалочная печь;</li> <li>– транспортирование голов, белых и красных органов до позиций обработки на конвейерах;</li> <li>– оглушение с помощью рестрайнер-бокса, возможно применение оглушения в CO<sub>2</sub>;</li> <li>– возможно применение скребмашины непрерывного действия (винтовой);</li> <li>– применение 8-вальной бичевой мойки;</li> </ul>	Мясокомбинаты большой мощности

Из таблицы 2 можно сделать вывод о том, что за последние 5 лет поголовье свиней в РФ и РБ возросло. В связи с этим возникает необходимость в разработке линии большей мощности, в том числе технологической линии производительностью 180 голов в час.

**Таблица 2 – Статистические данные развития поголовья свиней в РБ и РФ на конец года**

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Беларусь	3267000	2925000	3205000	3145000	3156000	3166000
Российская Федерация	19451000	21405000	21924000	23076000	23726000	24030000

**Цель и задачи исследования.** Целью является организация серийного производства технологической линии на машиностроительном предприятии Республики Беларусь и задачей – разработка технического проекта технологической линии убоя и разделки свиней 180 голов в час и определение технических характеристик технологической линии.

**Основная часть.** Схема и состав технологической линии представлена на рисунке 1.

### **Описание схемы и состава ТЛС**

#### **Устройство ТЛ**

Производится описание каждой позиции схемы. ТЛ условно делится на грязную и чистую зоны.

#### **Грязная зона:**

2.1 Бокс оглушения. Для ТЛ данной производительности применяется рестрайнер-бокс. Животное охватывается конвейерами и принудительно перемещается вдоль к электродам. После оглушения туша попадает на роликовый стол.

2.3 Роликовый стол. На заднюю ногу оглушенной туши одевается путо, и с помощью подъемника элеваторного типа туша поднимается и устанавливается на подвесной путь.

2.4 Элеватор для подъема туш на подвесной путь поз. 2.7.1 Применяется подвесной путь поз. 2.7.1 полосовой или трубчатый. В последнее время предпочтение отдается трубчатому пути, так как для транспортирования туш и полутуш по нему применяются более дешевые троллеи без роликов. Подвесной путь крепится к подвесному каркасу с помощью кронштейнов.

2.6 Фартукомойка. Используется для дезинфекции и мойки фартуков от крови.

2.7 Конвейер обескровливания. Туши движутся по подвесному пути поз. 2.7.1 с помощью конвейера обескровливания. Конвейеры обескровливания поз. 2.7 и обработки туш и полутуш поз. 3.12.1 устанавливаются на каркасе. Перед обескровливанием на пищевод накладывается лигатура с помощью специальной удочки. В течение первых 20 секунд обескровливания производится сбор пищевой крови с помощью полого ножа поз. 2.5 в устройство для сбора поз. 2.5.1. Затем собирается техническая кровь в ванну поз. 2.8. Время полного обескровливания составляет до 6 минут.

2.8 Ванна для сбора технической крови. Длина ванны обескровливания составляет 21.6 м

2.9 Далее туша проходит вертикальную 3-валовую моечную машину. Мойка туш перед шпарчаном необходима для уменьшения степени загрязнения воды в шпарчане поз. 2.11.

2.10 Устройство автоматического опускания. С помощью этого устройства туша свиньи автоматически отсоединяется от пута и попадает в шпарчан поз. 2.11

2.11 Шпарчан. В ТЛ данной производительности применяется роторный шпарчан длиной 7.2 м.

2.12 Скребмашина. В ТЛ данной производительности применяется скребмашина непрерывного действия с 16 ребрами. На приемном столе после скребмашины производится отделение ног с помощью гидравлических клещей поз. 2.13.1, одевание троллеев на каждую ногу и подъем туш на путь обработки поз. 3.12.1.

2.14 Элеватор для подъема туш на путь обработки. Этот элеватор отличается от элеватора поз. 2.4 только длиной.

#### **Чистая зона:**

2.15 Сушильная машина. Сушка туш перед опалкой необходима для снижения расхода газа при опалке. Для ТЛ данной производительности применяются 4-сушильные машины щеточные или бичевые.

2.16 Опалочная машина. В ТЛ данной производительности применяется опалочная машина и длиной опалочного пути 0,5 м. Включение и отключение газовых горелок производится автоматически.

2.17 Моечная машина. В ТЛ данной производительности применяется моечная машина с 6-ю вертикальными валами бичевыми или щеточными.

3.1 Устройство для удаления заднего проходника. Боец производит данную операцию с помощью специального инструмента, используя неподвижную площадку. Параллельно с этой операцией производится отрезание головы с помощью гидравлических клещей.

#### **Чистая зона**

3.2 Пила для распиловки грудины. Распиловка грудины производится перед нутровкой туш. Применяются с пневматическим или электромеханическим приводом, с возвратно-поступательным режущим полотном или дисковым. При этом используется не подвижная площадка. Пила крепится к каркасу подвесного пути с помощью балансира.

3.3 Нутровка. Из туши извлекаются белые и красные органы. При этом используется подъемно-опускная площадка, которая имеет лоток для комплекта извлеченных белых органов, оснащенный пневмоприводом для подачи белых органов в лоток конвейера поз. 3.11. Красные органы навешиваются на крюки конвейера поз. 3.10. Конвейеры поз. 3.10 и 3.11 перемещаются синхронно с конвейером обработки поз. 3.12. Таким образом, туша и извлеченные из нее



белые и красные органы перемещаются параллельно до окончательного ветеринарного контроля на поз. 3.7. При положительных результатах ветеринарного контроля белые и красные органы подвергаются дальнейшей обработке, а при отрицательных – отправляются в утиль.

3.4. Распиловка туш на полутуши. Операция производится с помощью ленточной пилы поз. 3.4.1 с использованием подъемно-опускной площадки поз. 3.4. Ленточная пила 3.4.1 подвешена на балансире, содержащем подвижную каретку, которая установлена на подвесном пути, расположенным параллельно основному. Таким образом, обеспечивается синхронное перемещение пилы с перемещением туши.

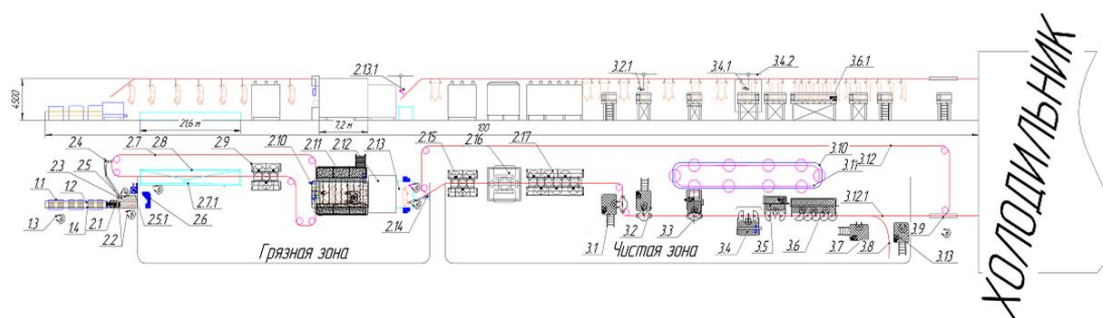
3.4.2 Экран предназначен для защиты окружающей среды от летящих опилок, образующихся в процессе распиловки туш.

3.10 Конвейер белых органов. По нему параллельно туше движутся белые органы.

3.11 Конвейер красных органов. По нему параллельно туше движутся красные органы.

3.12 Конвейер обработки туш и полутуш. На нем производится основная обработка свиней. После распиловки туш производятся финишные операции: зачистки и удаления спинного мозга поз. 3.5, мокрого и сухого туалета поз. 3.6 окончательного ветеринарного контроля поз. 3.7, классификации полутуш и клеймения поз. 3.8, взвешивания полутуш поз. 3.9 и отправка полутуш в холодильник. Спинной мозг может собираться в качестве эндокринно-ферментного сырья или удаляться в утиль. Удаление спинного мозга в утиль, зачистка и сухая обработка полутуш производится с использованием паровакуумной установки поз. 3.6.1. Классификация полутуш производится с помощью специального прибора, который находится у ветеринара. Взвешивание производится с помощью подвесных монорельсовых весов поз. 3.9. Финишные операции могут производиться с использованием подъемно-опускных площадок или с использованием общей разноуровневой неподвижной площадки.

Подозрительные полутуши после окончательного ветеринарного контроля по пути 3.8 направляются на дополнительное исследование.



**Рисунок 1 – Схема технологической линии убоя и разделки свиней производительностью до 180 голов в час**

Оглушение, являющееся одной из важных операций в процессе убоя животных, осуществляется с целью их обездвиживания. Оглушение происходит с помощью электродов. Оглушение совершают в рестрайнер-боксе.

Обескровливание проводят в вертикальном положении животного. Общая продолжительность процесса обескровливания туш составляет 8 мин. Перед шпаркой туши моют в 4-вальной моечной машине. Шпарку осуществляют в шпарильном чане туннельного типа. В чане туши орошают влажным воздухом температурой 62-65 °С, время шпарки составляет 3-4 минуты. По окончании

шпарки туши автоматически перегружаются из чана в скребмашину (модель Месапова), где производится обезволаживание. Далее ручными ножами отрезают задние ноги, вставляют крюки, поднимают тушу на подвесной путь и передают на опалку. Опалку осуществляют в опалочной печи. Для очистки туши от сгоревшего эпидермиса используются полировочные машины (модель 2х6S фирмы Месапова), в которых туша скребками очищается от следов нагара. После этого туша направляется на конвейер нутровки. Перед нутровкой у туши обрабатывают задний проход, отрезают голову и разрезают грудину с помощью роботов. Белые и красные органы транспортируют с помощью конвейера для красных и белых органов. После нутровки производится распиловка туш на две продольные полутуши роботом с помощью ленточной пилы.

Во время сухого туалета отделяют 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. Далее происходит осмотр ветеринара, который производит клеймение и маркировку. После взвешивания туша подается на хранение в холодильник.

Технические характеристики линии:

Установленная мощность – 98,3 кВт.

Длина 80000 мм.

Ширина 6000 мм.

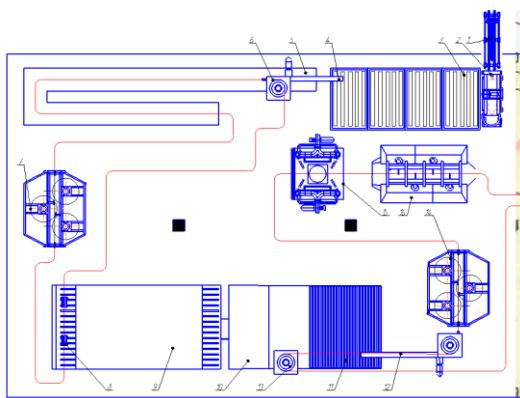
Высота 4500 мм.

Потребление воды: всего – 81 м<sup>3</sup>/смена, в том числе: горячая 30-40°С – 7,7 м<sup>3</sup>/смену.

Потребление сжатого воздуха 2419 м<sup>3</sup>/смену

Численность работающих бойцов – 20.

**Практическое значение работы.** ООО «ФИНА» совместно с БрГТУ участвовали в конкурсе на поставку линии по убою и разделке свиней производительностью 180 голов в час для ОАО «Беловежский». Схема и состав технологической линии представлена на рисунке 2. По требованию заказчика здесь применяется пневматический бокс для оглушения по экономическим соображениям.



1. Прогонный коридор
2. Пневматический бокс оглушения
3. Стол конвейерного типа для приема туш
4. Элеватор для подъема туш
5. Ванна обескравливания
6. Конвейер обескравливания
7. 3-валовая щеточная машина
8. Механизм автоматического отцепления туш
9. Шпарильный чан
10. Двухсекционная портальная
11. Скребмашина
12. Стол для приема туш
13. Элеватор для подъема туш
14. Конвейер обработки туш
15. 3-валовая сушильная машина
16. Опалочная печь
17. 4-х валовая полировальная машина.

**Рисунок 2 – Схема и состав технологической линии**

**Заключение.** Разработан технический проект технологической линии убоя и разделки свиней 180 голов в час. Произведен сырьевой расчет, а также определены технические характеристики технологической линии.

Данная разработка представляет интерес как для мясоперерабатывающей отрасли РФ, так и для стран СНГ, так как поголовье свиней растет и требуется увеличение производственных мощностей. 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. Классификация мясожировых производств по мощности и технологических линий убоя и разделки скота по производительности / Н.У. Ляшук, Ю.В. Сакович // Мясная индустрия. – 2019. – №3. – Москва, 2019. – С. 40-44.

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 629.3

*Качан В. А., Карпинчик А. В.*

*Научные руководители: ст. преподаватель Омесь Д. В., старший преподаватель Морозова В. А.*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ В СРЕДЕ AUTODESK INVENTOR**

**Введение.** В настоящее время в качестве источника механической энергии в различных отраслях народного хозяйства и в технике используются двигатели самых разных типов и схем. Среди всего многообразия двигателей незаменимых не существует. Но наибольшее и, можно сказать, господствующее распространение получили поршневые двигатели внутреннего сгорания (ДВС). В настоящее время двигатель внутреннего сгорания является основным видом автомобильного двигателя. О широкой распространенности ДВС свидетельствует и тот факт, что суммарная установленная мощность двигателей внутреннего сгорания в пять раз превосходит мощность всех стационарных электростанций мира.

Современные системы автоматизированного проектирования позволяют не только строить трехмерные модели и плоские чертежи, но и решать задачи инженерного проектирования, выполнять расчеты, симуляции, создавать анимации и визуализировать объекты. Трехмерное моделирование узлов и механизмов машин позволяет оценить приемлемость конструкции, исследовать взаимодействие деталей, выявить ошибки проектирования до запуска изделия в производство.

**Цель и задачи.** Целью настоящей научно-исследовательской работы является изучение возможностей трехмерного моделирования при проектировании и исследовании принципа работы двигателя внутреннего сгорания, проведении поиска оптимальной конструкции с помощью инженерных расчетов. Была поставлена задача создать полноразмерную твердотельную модель двигателя внутреннего сгорания, выполнить симуляцию его работы и исследовать принципы работы ДВС.

**Объект исследования.** В качестве объекта исследования был выбран v-образный 6-цилиндровый двигатель внутреннего сгорания, как широко распространенный в современном автомобилестроении.

**Основная часть.** В настоящее время ДВС является основным видом автомобильного двигателя. Двигателем внутреннего сгорания называется тепловая машина, преобразующая химическую энергию топлива в механическую работу [1].

Различают следующие основные типы двигателей внутреннего сгорания: поршневой, роторно-поршневой и газотурбинный. Из представленных типов двигателей самым распространенным является поршневой ДВС, поэтому устройство и принцип работы рассмотрены на его примере.

В зависимости от вида применяемого топлива различают бензиновые и дизельные двигатели. Альтернативными видами топлива, используемыми в двигателях внутреннего сгорания, являются природный газ, спиртовые топлива – метанол и этанол, водород.

Водородный двигатель с точки зрения экологии является перспективным, т. к. не создает вредных выбросов. Наряду с ДВС водород используется для создания электрической энергии в топливных элементах автомобилей.



Рисунок 1

Поршневой двигатель внутреннего сгорания включает корпус, два механизма – кривошипно-шатунный (КШМ) и газораспределительный (МГР), и ряд систем – впускную, топливную, зажигания, смазки, охлаждения, выпускную и систему управления.

Корпус двигателя объединяет блок цилиндров и головку блока цилиндров. Кривошипно-шатунный механизм преобразует возвратно-поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала. Газораспределительный механизм

обеспечивает своевременную подачу в цилиндры воздуха или топливно-воздушной смеси и выпуск отработавших газов.

Впускная система предназначена для подачи в двигатель воздуха. Топливная система питает двигатель топливом. Совместная работа данных систем обеспечивает образование топливно-воздушной смеси. Основу топливной системы составляет система впрыска.

Система зажигания осуществляет принудительное воспламенение топливно-воздушной смеси в бензиновых двигателях. В дизельных двигателях происходит самовоспламенение смеси.

Система смазки выполняет функцию снижения трения между сопряженными деталями двигателя. Охлаждение деталей двигателя, нагреваемых в результате работы, обеспечивает система охлаждения. Важные функции отвода отработавших газов от цилиндров двигателя, снижения их шума и токсичности предписаны выпускной системе.

Система управления двигателем обеспечивает электронное управление работой систем двигателя внутреннего сгорания.

Принцип работы ДВС основан на эффекте теплового расширения газов, возникающего при сгорании топливно-воздушной смеси, и обеспечивающего перемещение поршня в цилиндре. Работа поршневого ДВС осуществляется циклически. Каждый рабочий цикл происходит за два оборота коленчатого вала и включает четыре такта (четырёхтактный двигатель): впуск, сжатие, рабочий ход и выпуск.

Во время тактов впуск и рабочий ход происходит движение поршня вниз, а тактов сжатие и выпуск – вверх. Рабочие циклы в каждом из цилиндров двигателя не совпадают по фазе, чем достигается равномерность работы ДВС. В некоторых конструкциях двигателей внутреннего сгорания рабочий цикл реализуется за два такта – сжатие и рабочий ход (двухтактный двигатель).

На такте впуск впускная и топливная системы обеспечивают образование топливно-воздушной смеси. В зависимости от конструкции смесь образуется во впускном коллекторе (центральный и распределенный впрыск бензиновых двигателей) или непосредственно в камере сгорания (непосредственный впрыск бензиновых двигателей, впрыск дизельных двигателей). При открытии впускных клапанов газораспределительного механизма воздух или топливно-воздушная смесь за счет разрежения, возникающего при движении поршня вниз, подается в камеру сгорания.

На такте сжатия впускные клапаны закрываются, и топливно-воздушная смесь сжимается в цилиндрах двигателя.

Такт рабочий ход сопровождается воспламенением топливно-воздушной смеси (принудительное или самовоспламенение). В результате возгорания образуется большое количество газов, которые давят на поршень и заставляют его двигаться вниз. Движение поршня через кривошипно-шатунный механизм преобразуется во вращательное движение коленчатого вала, которое затем используется для движения автомобиля.

При такте выпуск открываются выпускные клапаны газораспределительного механизма, и отработавшие газы удаляются из цилиндров в выпускную систему, где производится их очистка, охлаждение и снижение шума. Далее газы поступают в атмосферу.

Рассмотренный принцип работы двигателя внутреннего сгорания позволяет понять, почему ДВС имеет небольшой коэффициент полезного действия – порядка 40%. В конкретный момент времени, как правило, только в одном цилиндре совершается полезная работа, в остальных – обеспечивающие такты: впуск, сжатие, выпуск.

Сегодня в связи с развитием систем твердотельного моделирования появилась возможность упрощения процессов проектирования как двигателя целиком, так и его отдельных компонентов. Кроме того, при использовании встроенных операций в комплексах твердотельного моделирования возможно получение информации, которая до этого находилась путем сложных расчетов, занимавших много времени. Например, в системе Autodesk Inventor можно определить следующие параметры: площадь поверхности, объем, массу, положение центра масс относительно выбранной системы координат, а также моменты инерции относительно осей заданной системы координат [2]. Указанная информация является весьма ценной для качественного проектирования ДВС, а трудоемкость ее получения при ручном проектировании или при работе в системах 2D-проектирования несопоставимо выше. Кроме того, определение необходимых характеристик в системах плоского моделирования весьма сложно автоматизировать.



Система Autodesk Inventor содержит обширный набор функций для решения поставленных задач. В частности, возможность вставки как 2D-, так и 3D-фрагментов позволяет создавать модели двигателей нужной компоновки, будь то линейная или V-образная. При решении поставленной задачи данная возможность очень важна. Можно создавать двумерные чертежи и трехмерные модели отдельных деталей механизмов, а потом формировать ДВС нужной компоновки. Если потребуется заменить, например, поршень, то благодаря поддержке системой механизма функциональных замен вся задача сведется лишь к изменению названия файла фрагмента. При этом все взаимосвязи между элементами сборки сохраняются.

При моделировании отдельных деталей и узлов необходимо было достичь максимальной детализации (рисунок 2).

На основе полученных моделей деталей были созданы сборки первого уровня отдельных узлов в механизмах двигателя: поршневой группы и группы шатуна в КШМ, клапанные узлы, привод распределительного вала. На следующем этапе моделирования создавались сборки отдельных механизмов. Эти элементы называются сборками второго уровня, так как в их составе, помимо обычных фрагментов, присутствуют и сборки первого уровня. Самый сложный этап всей операции моделирования – создание сборки механизмов КШМ и МГР вместе с приводом распределительного вала, в плане обеспечения такого взаимного положения всех смоделированных элементов, чтобы они соответствовали реальной картине при движении механизмов.

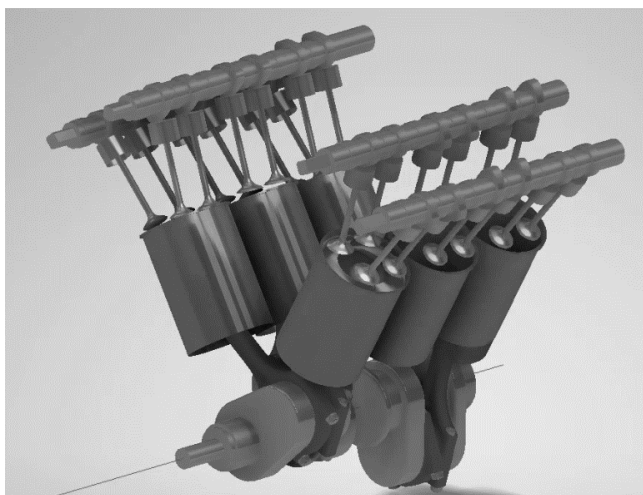


Рисунок 2

Параллельно с созданием трехмерных моделей указанных механизмов проводилась их анимация. В КШМ задавалась переменная, задающая угол поворота коленчатого вала. Анимация МГР имела некоторые отличия: за основу был выбран поворот распределительного вала, задавались законы движения клапанов и фазовый сдвиг, соответствующий порядку работы цилиндров двигателя. При создании анимации сборки КШМ, МГР и привод МГР основной переменной являлся угол поворота коленчатого вала, к которому привязывались переменные соответствующих фрагментов. Кроме того, проверялась правильность установки фаз газораспределения.

В практике конструирования ДВС часто возникает необходимость оптимизации конструкции, оценки напряжений и определения ресурса двигателя и его узлов [3]. Эксперименты с прототипами – длительный и весьма дорогостоящий процесс, альтернативой которому служит внедрение в практику конструирования средств компьютерного твердотельного моделирования. Эти задачи можно успешно решать, используя модуль прочностного расчета в среде Autodesk Inventor. Ни более целесообразным является применение интегрированных программных средств, позволяющих производить моделирование и расчеты в полностью автоматизированном режиме с высокой степенью визуализации процесса проектирования.

Геометрические объекты – детали и сборки, наполняются физическим смыслом, т. е. определяются нагрузки, крепления и производится вычисление напряжений в рамках теории вязко-упругих систем методом конечных элементов. Высокая скорость вычислений достигается за счет применения технологии FFE (метод «быстрых» конечных элементов) и возможности оперативного моделирования технически сложных объектов. Метод математического моделирования процессов в конструируемом механизме параллельно с проектированием позволяет предсказать его работу и характеристики с высокой степенью адекватности без построения реальных прототипов.

Проектирование происходило в несколько стадий: создавались трехмерные модели деталей механизмов ДВС, оценивалась технологичность производства деталей, оптимизация по массе и ее распределению по деталям механизмов ДВС с целью уравнивания сил инерции вращающихся масс, прочностный расчет конструкций механически нагруженных деталей.

#### **Заключение.**

В результате проделанной работы спроектированы и соединены зависимостями элементы модели ДВС автомобиля, обеспечивающие требуемое движение звеньев, чтобы имитировать работу двигателя. Для полноразмерной твердотельной модели создан сценарий анимации, симулирующий рабочий цикл двигателя.

Предложенный подход к проектированию и анализу ДВС существенно повысил точность и визуализацию процесса проектирования. При выполнении поставленных задач значительно расширены и углублены знания в работе с трехмерными моделями, исследованы возможности, предоставляемые современными САПР. Полученные навыки можно использовать для подготовки презентаций проектируемых узлов и изделий машиностроения при обучении в вузе, а также на производстве. Кроме визуализации созданного проекта, можно производить расчет геометрических и физических свойств модели, проводить инженерные расчеты.

#### **Список цитированных источников**

1. Шароглазов, Б. А. Двигатели внутреннего сгорания : теория, моделирование и расчёт процессов : Учебник по курсу «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания» / Б. А. Шароглазов, М. Ф. Фарафонов, В. В. Клементьев. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 403 с.
2. Том Трембли. Autodesk Inventor 2013 и Inventor LT 2013. Официальный учебный курс / пер. с англ. Л. Талхин. – М: «ДМК Пресс», 2013. – 344 с.
3. Мальдонадо, Вальехо П.Р. Реализация процесса проектирования кривошипно-шатунного механизма ДВС в системе Autodesk Inventor // Вестник РУДН, серия «Инженерные исследования». – 2008. – № 2. – С. 85-89.

УДК 539.3

**Кондратюк В. О., Старикевич М. О.**

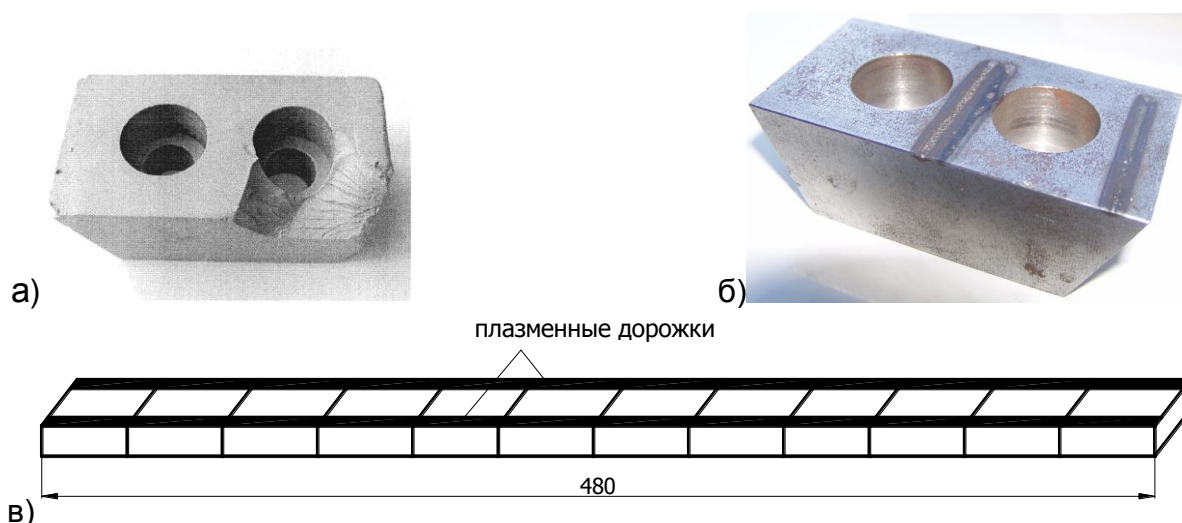
**Научные руководители: к.т.н., доцент Хвусевич В. М.,  
к.ф.-м.н., доцент Веремейчик А. И.**

### **РАЗРАБОТКА ОСНОВ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛАЗМЕННОЙ ЗАКАЛКИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА ДЕТАЛИ МАШИНЫ ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ**

Известно, что долговечность и износостойкость поверхностного слоя изделий в основном зависят от характера распределения микротвердости по глубине слоя в пределах допуска на износ [1]. Например, при абразивном меха-

низме изнашивания изделий параметры микротвердости и износостойкости хорошо согласуются между собой. Деталь машины для дробления древесных отходов подвергается абразивному износу и воздействию ударных нагрузок. Поэтому те свойства, которые приобретает изделие при поверхностном упрочнении с помощью плазменной дуги, позволяют существенно увеличить его долговечность [2].

При использовании установок (машин) для дробления древесных отходов мебельного и других производств применяются детали (ножи) в виде усеченной пирамиды из стали 40X (рисунок 1). Ножи упрочнялись с помощью объемной закалки. В процессе эксплуатации эти детали подвергались механическому изнашиванию и воздействию динамических нагрузок, в результате чего происходил не только интенсивный износ их режущей части, но и выламывание кусков металла размерами до 2–3 см (рисунок 1а). Такой вид разрушения характерен при упрочнении деталей объемной закалкой. Он обусловлен возникновением в металле значительных механических напряжений и охрупчивания стали. Чтобы исключить возникновение таких дефектов в материале, предложено осуществлять упрочнение ножей, в частности их режущей кромки, поверхностной плазменной закалкой (ППЗ).



а) после эксплуатации при упрочнении объемной закалкой; б) нож с нанесенными «дорожками»; в) групповая поверхностная плазменная закалка ножей

**Рисунок 1 – Ножи для дробления древесных отходов**

Для осуществления процесса упрочнения сначала осуществляли групповую поверхностную плазменную закалку заготовок ножей (рисунок 1в) с помощью плазменной установки. При этом заготовки укладывали так, что их предполагаемые режущие кромки располагались на одной линии. Для достижения высокой производительности групповую закалку осуществляли по 40-50 деталей в течение 12-17 минут. Процесс ППЗ производили в двух вариантах: упрочнение без перекрытия зоны влияния плазменной дуги (с зазором 1,5 мм между упрочненными зонами) и с перекрытием зоны влияния плазменной дуги на 30 %. В первом варианте формировали по 4-5 дорожек, во втором по 6-7 дорожек. Эксперименты показали, что срок эксплуатации ножей, упрочненных по второму варианту, на 10 % выше. Эти результаты и результаты, приведенные в [1], показывают, что перекрытие дорожек зоны теплового воздействия плазменной дуги существенно повышает трещиностойкость и удар-



ную вязкость деталей, при этом несколько снижается износостойкость. Снижение износостойкости вызвано не наличием зоны отпуска, которое здесь имеет место, а снижением микротвердости упрочненной поверхности из-за повторного нагрева детали. Повышение трещиностойкости можно объяснить только повышенной пластичностью сталей с структурой отпуска. Образованная в этой зоне троосто-сорбитная структура вследствие воздействия плазменной дуги характеризуется высокой степенью дисперсности. Такой вариант поверхностной плазменной заправки играет более значительную роль в случае воздействия динамических нагрузок на деталь, чем вариант без перекрытия.

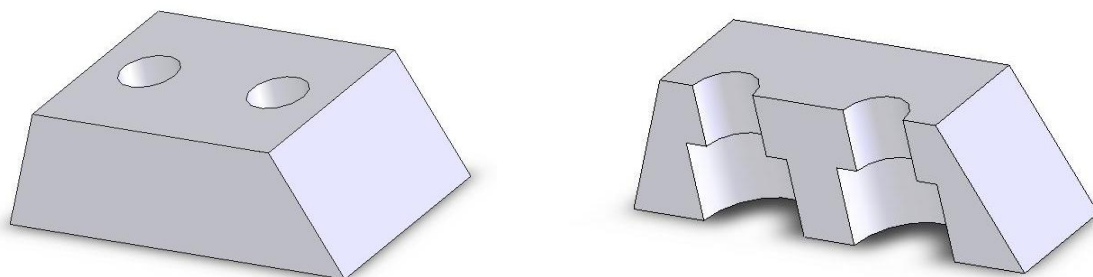
Как показали исследования, механизм разрушения образцов при упрочнении с перекрытием и без перекрытия зоны влияния дуги подобен. Разрушение образцов происходит с торможением при переходе из твердого в мягкий слой, что характерно при термообработке сталей высококонцентрированными источниками нагрева.

Таким образом, для ППЗ ножей принят вариант с 30 % перекрытием зоны влияния плазменной дуги. После термообработки осуществлялась механическая заточка заготовок для образования режущей кромки.

ППЗ ножей производилась при постоянном расстоянии среза сопла плазмоторна до поверхности детали ( $h=1,5-2$  мм), скорости перемещения плазмоторна  $v=11,2$  мм/с, токе дуги  $I=26$  А, расходах рабочего газа аргона  $Q_1=1,9$  л/мин и защитного газа  $Q_2=3,6$  л/мин. При этом достигается существенно большая микротвердость поверхностного (до  $710 HV_{0,1}$ ) по сравнению с объемной заправкой ( $450 HV_{0,1}$ ).

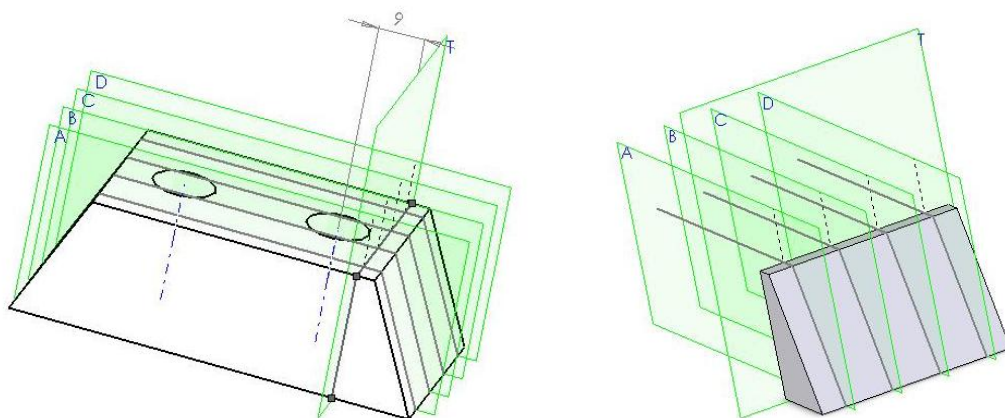
Для определения степени износа выбирались две партии по пять деталей, упрочненных объемной заправкой и с помощью плазменной дуги, которые соответствовали следующему времени эксплуатации: № 1 – базовая деталь (неэксплуатируемая); № 2 – после месячной эксплуатации; № 3, № 4, № 5 – после 2-х, 3-х, 4-х месячной эксплуатации соответственно.

Сравнительные измерения профиля детали выполнялись на измерительном комплексе с лазерным сканированием Mistral 070705 фирмы BROWN&SHARPE с программным обеспечением PC-DMIS PRO Software, позволяющего производить контроль в 3D с предоставлением протоколов контроля (точность измерения  $0,003$  мм). По результатам измерений определялась форма детали в формате “igs”, и результаты поступали в компьютер на обработку программой SolidWorks, с помощью которой строилась модель детали (рисунок 2).



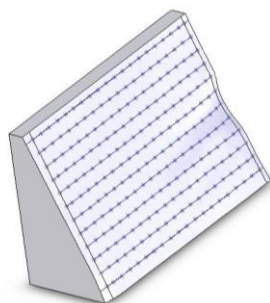
**Рисунок 2 – Компьютерная модель детали**

Далее деталь разделялась плоскостями А-Д на части, с выделением плоскостью Т исследуемого фрагмента (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Положение плоскостей для анализа исследуемого фрагмента**

На сгенерированных кривых построена поверхность с помощью техники «вытягивания» профилей (рисунок 4).



**Рисунок 4 – Поверхность анализируемого фрагмента детали**

Основываясь на полученных поверхностях, были построены элементы анализируемых частей детали. Используя плоскости А–D, построены плоские элементы соответствующих фрагментов деталей. С помощью программы AutoCAD вычислены поля поверхностей рассматриваемых элементов. Для вычисления параметра износа детали использовалась формула:

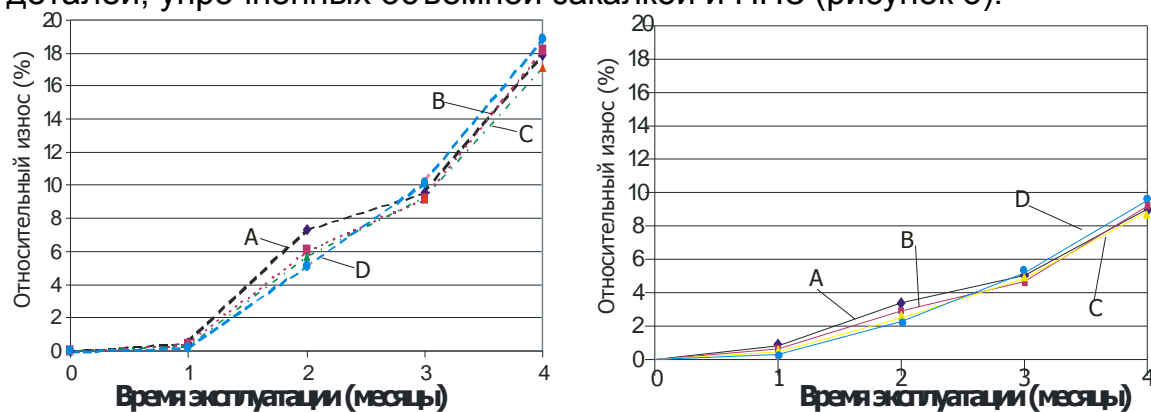
$$\Phi_{nm} = \frac{S_{1m} - S_{nm}}{S_{1m}} \cdot 100\% , \quad (1)$$

где  $\Phi_{nm}$  – относительный процент износа детали;  $S_{nm}$  – поле поверхности анализируемого сечения для соответствующей детали  $n$  в соответствии с плоскостью  $m$ ;  $n$  – номер детали ( $n=1-5$ );  $m$  – наименование соответствующей плоскости ( $m=A-D$ ). Вычисленные по формуле (1) значения сведены в таблицу 1.

**Таблица 1 – Относительный износ детали для дробления древесных отходов**

плоскость „ $m$ ” № детали „ $n$ ”	A	B	C	D
1	0	0	0	0
2	0,522716	0,372987	0,291704	0,207708
3	7,328701	6,059883	5,660922	5,152895
4	9,530224	9,146942	9,312608	10,18617
5	17,91177	18,1535	17,13107	18,88431

На основании полученных данных построены графики относительного износа деталей, упрочненных объемной закалкой и ППЗ (рисунок 5).



а) объемной закалкой; б) поверхностной плазменной закалкой  
Рисунок 5 – Графики износа ножей из стали 40X, упрочненных

Экспериментами установлен значительный эффект применения ППЗ для стали 40X. В зоне воздействия плазменной дуги микроструктура состоит из однородного высокодисперсного мартенсита, остаточного аустенита и карбидов. Срок эксплуатации ножей для измельчения древесных отходов при использовании локальной ППЗ увеличен в 2,1 раза по сравнению с объемной закалкой.

#### Список цитированных источников

1. Плазменное поверхностное упрочнение / Л.К. Лещинский [и др.]. – Киев: Тэхника, 1990. – 109 с.
2. Плазменные и лазерные методы упрочнения деталей машин / Н.В. Спиридонов [и др.]. – Минск: Вышэйшая школа, 1988. – 155 с.

УДК 664.02:637.5

*Литвинович А. Н.*

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

### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ УБОЯ И РАЗДЕЛКИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 80 Г/ЧАС

Разработка технического проекта технологической линии убоя и разделки крупного рогатого скота (далее – КРС) 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».

Данная статья является логическим развитием предыдущих статей [1,2]. В ней акцентируется внимание на моментах, не описанных в предыдущих статьях.

Разработке подлежит следующее технологическое оборудование и приспособления: шкуроемная машина, устройство фиксации задних ног при снятии шкуры и электростимулятор. Приведем их описание.

Основным технологическим оборудованием из вышеперечисленного является шкуроемная машина. Приведем её классификацию в Таблице 2.

**Таблица 2 – Классификация шкуроемных машин**

№	Признак	Пункты признака
1	по способу съема шкуры:	механический
		химический
		термический
		комбинированный
<b>Механический способ съема шкуры</b>		
2	По способу механического съема шкуры:	разрез подкожного слоя
		разрыв подкожного слоя
3	По типу привода	электрический
		гидравлический
<b>Механический способ съема шкуры методом разрыва</b>		
4	по виду рабочего органа:	тросовые
		цепные
		барабанные
		Иные (например, отрывающие шкуру с боков КРС пневмоцилиндрами и др.)
<b>Тросовые установки</b>		
5	по конструкции	с жесткой направляющей
		без жесткой направляющей
<b>Цепные установки</b>		
6	по периодичности работы:	периодического действия
		непрерывного действия
<b>Барабанные установки</b>		
7	по характеру перемещения барабана	в вертикальной плоскости вдоль туши
		качательное движение на рычаге
8	по направлению съема шкуры:	снизу-вверх
		сверху-вниз
		универсальные
9	по оснащённости дополнительными приспособлениями.	оснащена электростимулятором и (или) захватами для задних конечностей или не оснащена.

Тросовые и цепные установки, а также установки непрерывного действия на сегодняшний день не выпускаются. Этот вывод можно сделать на основе следующего факта: последнее упоминание о производстве цепной установки А1-ФУУ, установке непрерывного действия РЗ-ФУВ относится к 2005 году [3]. Установка А1-ФУУ выпускалась на ОАО «Машиностроительном объединении Восток» (г. Бийск), а РЗ-ФУВ – на Тихвинском заводе «Трансмаш» [3] и на Брестском машиностроительном производственном объединении [4]. Из этого можно сделать вывод о прекращении их массового использования на мясокомбинатах.

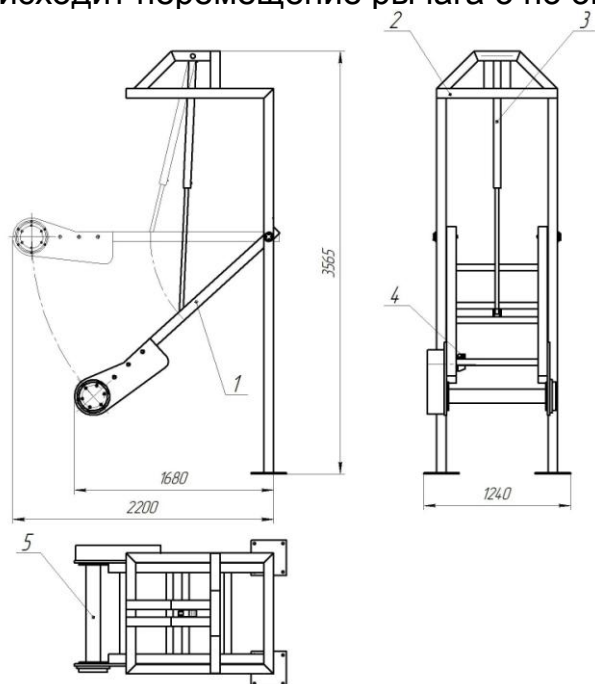
На сегодняшний день на мясокомбинатах применяются барабанные шкуроемки. В данной статье будут описаны шкуроемные машины с качающимся барабаном, т.к. они обладают высокой производительностью и обладают научной новизной на территории РБ.

Шкуроемки этого типа широко распространены, это хорошо видно по большому количеству их производителей (Таблица 3).

**Таблица 3 – Производители шкуроемков с качающимся барабаном**

№	Производитель	Модель	Страна, город	Производительность, шт/час	Мощность привода, кВт
1	Banss	BE5	Германия, Биденкопф	75	3
2	Frontmatec	32219100	Дания, Кольдинг	70 включая голову; 100 без головы	3x400-690 кВт / 50 Гц / 11 кВт
3	M. Serra	–	Испания, Барселона	40	–
4	Sivvas	–	Греция, Салоники	30	7,5
5	LeFiell	1062-8	США, штат Невада, г. Рио	90	–
6	Intermik (Techmet)	–	Польша, Варшава (Польша, Серпц)	30	5,5
7	John Naylor Engineering	–	Великобритания, Галифакс	–	–
8	Renner	–	Германия, Абтсгмюнд	60	–
9	Watts meat machinery	–	Австралия, Скон	–	–
10	Facomia	–	Франция, Ла-Тур-дю-Пен (округ)	–	–
11	Taesa	VA-45	Испания, Бургос	25-35	–
12	Rovani	–	Италия, Луццара	40	5.5

На рисунке 1 представлен общий вид разработанной шкуроемной машины. На сварной раме 1 на двух осях установлен рычаг 1. На передней части рычага в подшипниках вращается цилиндрический барабан 5, к которому прикрепляются цепи для фиксации шкуры. Барабан приводится во вращение от гидродвигателя 4 через цепную передачу, закрытую кожухом. К рычагу 1 прикреплен гидроцилиндр 3, который соединен с рамой 1. С помощью гидроцилиндра 3 происходит перемещение рычага 3 по окружности.



**Рисунок 1 – Шкуроемная машина: 1 – рычаг; 2 – рама; 3 – гидроцилиндр; 4 – гидродвигатель; 5 – барабан**



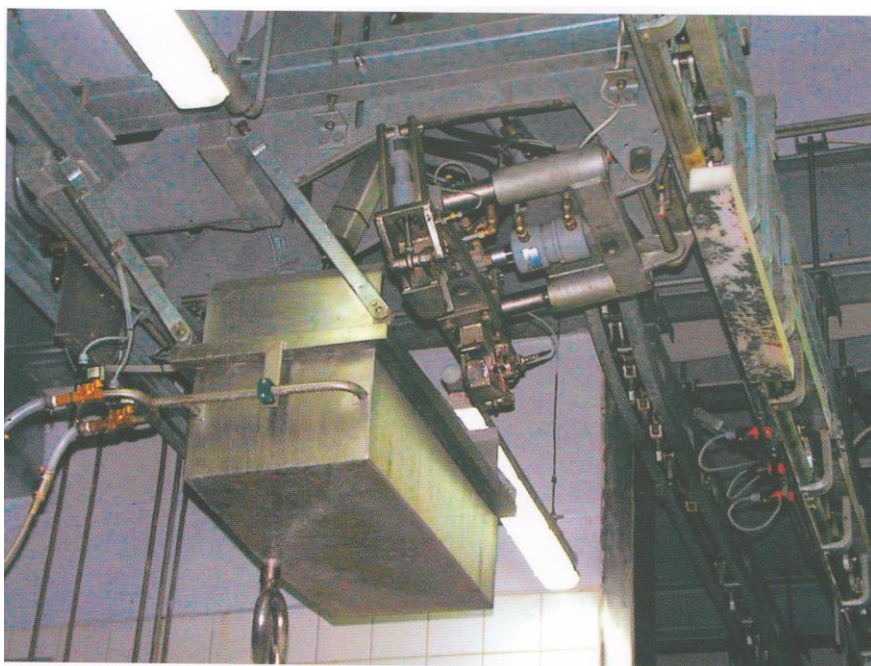
Ниже представлены технические характеристики разработанной машины:

- 1) Название разработанной машина: ФШЛ-80
- 2) Габаритные размеры: 2200x1240x3565 мм.
- 3) Производительность: максимальная 80 голов/час
- 4) Привод: гидравлический
- 5) Гидроцилиндр (модель): M250 HFR2S.
- 6) Гидромотор (модель): ТМК 250
- 7) Передача от двигателя к барабану: цепная
- 8) Применяемая цепь: 2ПР-31,75-177 ГОСТ 13568-97
- 9) Угол перемещения рычага: 60 градусов
- 10) Обслуживающий персонал: 2 человека.

Разработка шкуроеъемной машины имеет практическую направленность, т.к. ООО «Фина» выиграла тендер на её изготовление на ОАО «Могилевский мяскокомбинат».

Устройство фиксации задних ног при снятии шкуры (Рисунок 2) предназначено для снятия туши с забойного крюка в процессе снятия шкуры с КРС, что позволяет предотвратить падение туш вниз. Производители этих устройств: Bvss, Blasau, Intermik.

Электро-стимулятор (Рисунок 3) предназначен для электростимуляции туш КРС, чтобы избежать разрушения позвоночника в процессе снятия шкуры.



**Рисунок 2 – Устройство фиксации задних ног при снятии шкуры фирмы Bvss**



**Рисунок 3 – Электро-стимулятор фирмы Rovani**

**Заключение.** Произведен анализ целесообразности применения роботов на вышеперечисленных операциях, показана классификация шкуроеъемных машин, перечислены фирмы-производители шкуроеъемных машин с качающимся барабаном.

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. Литвинович А. Н., Попеня А. А., Научный руководитель: ст. преподаватель Ляшук Н.У. «Разработка технологической линии убоя и разделки крупного рогатого скота производительностью 80 г/час»/ Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов. Часть I. Брест, БрГТУ, 2019. –С. 130-135.

2. Н. У. Ляшук, Ю. В. Сакович, А. А. Попеня, А. Н. Литвинович. «Разработка системы машин для мясожировых производств технологические линии убоя и разделки КРС» // «Мясная индустрия» №10 – Москва, 2019. – 38-42 с.

3. Каталог оборудования для предприятий мясной промышленности. Часть 1. Оборудование для убоя, первичной переработки скота и побочного сырья / под ред. Лисицына А.Б. – М.: ВНИИМП, 2005. –150 с.

4. Машины, оборудование, приборы и средства автоматизации для перерабатывающих отраслей АПК : Кат. / АгроНИИТЭИИТО. Т.1, ч.1, Мясная промышленность. – Москва, 1990. – 213 с.

УДК 629.113:004.94

**Монтик Н. С.**

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Монтик С. В.*

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗОНЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОВОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

При проектировании и реконструкции автотранспортных предприятий (АТП) возникает задача оптимизации структуры производственных подразделений по техническому обслуживанию автомобилей, например, определение оптимального количества постов зоны технического обслуживания (ТО) по критерию минимальных суммарных затрат на содержание производственного подразделения и потери прибыли от простоя автомобилей.

Целью данной работы является проведение имитационного моделирования зоны первого технического обслуживания (ТО-1) грузовых автомобилей и анализ способов дальнейшей ее оптимизации. Исходные данные для проведения моделирования представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Исходные данные для проведения имитационного моделирования**

Тип и модель автомобиля	МАЗ-437043-321
Списочное количество подвижного состава (ПС), ед.	70
Всего технологически совместимого ПС на АТП, ед.	160
Среднесуточный пробег, км	260
Число дней работы ПС в году, дн.	302
Средний пробег ПС с начала эксплуатации, тыс. км	160
Климатический район	умеренный
Категория условий эксплуатации	III
Режим работы зоны ТО-1:	
- количество дней работы в году, дней	252
- количество смен	1
- продолжительность смены, час	8

Используя типовую детерминированную методику технологического расчета автотранспортных предприятий, изложенную в [1, 2], для моделируемой зоны ТО-1 был определен такт поста – 2,69 часа, ритм производства – 1,9 часа, расчетное количество постов – 1,42.

Процесс функционирования зоны ТО-1 моделировался с помощью замкнутой системы массового обслуживания (СМО), основными элементами которой являются:

1. Входящий поток образуется автомобилями, требующими технического обслуживания ТО-1, и характеризуется интервалами времени поступления требований на обслуживание  $T_{ТО-ТО}$ , час. Автомобили моделируются транзактами. Для моделирования простейшего потока требований интервал времени между соседними событиями должен иметь экспоненциальное распределение, поэтому интервалы времени поступления автомобилей на ТО распределялись по экспоненциальному закону.

2. Каналами обслуживания (обслуживающими аппаратами) являются посты ТО-1, которые характеризуются количеством постов  $n$  и временем обслуживания одного требования, которое равно такту поста. Зона ТО моделируется одноканальным устройством FACILITY (если один пост в зоне ТО) и многоканальным устройством STORAGE, для которого задают количество каналов обслуживания соответственно 2, 3 и 4 (по количеству постов зоны ТО). Интервалы времени на обслуживание одного автомобиля задавались также по экспоненциальному закону с математическим ожиданием, равным такту поста.

3. Очередь образуется автомобилями, требующими технического обслуживания, если все посты ТО-1 заняты. Очередь характеризуется средней и максимальной длиной очереди, средним временем нахождения требования в очереди. Очередь моделируется объектом QUEUE.

4. Выходящий поток образуется автомобилями, которые прошли техническое обслуживание (обслуженные требования).

СМО является замкнутой, т. к. обслуживаются автомобили только своего АТП, при этом автомобили, прошедшие ТО, возвращаются к выполнению транспортной работы, а затем после определенного пробега вновь проходят ТО, процесс повторяется в цикле.

При составлении имитационной модели использовались рекомендации работы [3].

Для имитационного моделирования процесса функционирования зоны ТО-1 использовалась система GPSS World Student Version 5.2.2. При составлении имитационных моделей использовались рекомендации из [4]. Результаты имитационного моделирования представлены в таблице 2. Зона ТО-1 с одним постом в дальнейшем не рассматривалась из-за большой длины очереди, что не соответствует реальным условиям работы.

**Таблица 2 – Результаты моделирования зоны ТО-1**

Кол-во постов зоны ТО $n$	Очередь <b>QUEUE</b>		Одноканальное <b>FACILITY</b> или многоканальное <b>STORAGE</b> устройство		
	Средняя длина очереди <b>AVE.CONT.</b>	Среднее время нахождения автомобиля в очереди $T_{ср.оч}$ , час <b>AVE.TIME</b>	Количество выполненных ТО-1 за время моделирования <b>N<sub>ТО1Г</sub>, ENTRIES</b>	Коэффициент использования (загрузки) зоны ТО $K_{исп}$ , <b>UTIL.</b>	Среднее число занятых постов ТО <b>AVE.C.</b>
1	25,311	67,676	724	0,998	0,998
2	1,039	1,927	1087	0,702	1,404
3	0,188	0,329	1153	0,527	1,580
4	0,022	0,041	1106	0,360	1,442



Как видно из таблицы 2, с увеличением количества постов в зоне ТО-1 средняя длина очереди на ТО и среднее время нахождения автомобиля в очереди уменьшаются, количество выполненных ТО-1 за время моделирования (один год) возрастает до 1153 при 3 постах ТО-1 и в дальнейшем незначительно снижается. Коэффициент использования (загрузки) постов зоны ТО с увеличением количества постов в зоне уменьшается. Среднее число занятых постов ТО-1 возрастает от 0,998 до 1,580 при увеличении количества постов от 1 до 3 и в дальнейшем незначительно снижается.

Расчет производственных помещений, оборудования, штата рабочих, т. е. пропускной способности зоны ТО, исходя из средней потребности, может привести или к неполной загрузке зоны, или к необходимости ожидания момента обслуживания, т. е. к образованию очереди требований. Необходима оптимизация систем обслуживания, под которой понимается соответствие функционирования этих систем определенным критериям эффективности.

Предлагается использовать следующий критерий оптимальности зоны ТО – суммарные часовые затраты от функционирования зоны ТО  $Z_{СУМ.ЧАС}$ :

$$Z_{СУМ.ЧАС} = \left( n_{ПОСТ} \cdot 1 - K_{ИСП} \cdot \alpha + N_{ТО1Г} \cdot \frac{T_{СР.ОЧ}}{T_{МОД}} \right) \cdot C_{ПР.АВТ}, \text{ руб./час}, \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{C_{ПР.ПОСТ}}{C_{ПР.АВТ}}, \quad (2)$$

где  $n_{ПОСТ}$  – количество постов зоны ТО, ед.;

$T_{МОД}$  – время моделирования, час;

$K_{ИСП}$  – коэффициент загрузки зоны ТО;

$N_{ТО1Г}$  – количество выполненных технических обслуживаний за 1 год (за время моделирования зоны ТО);

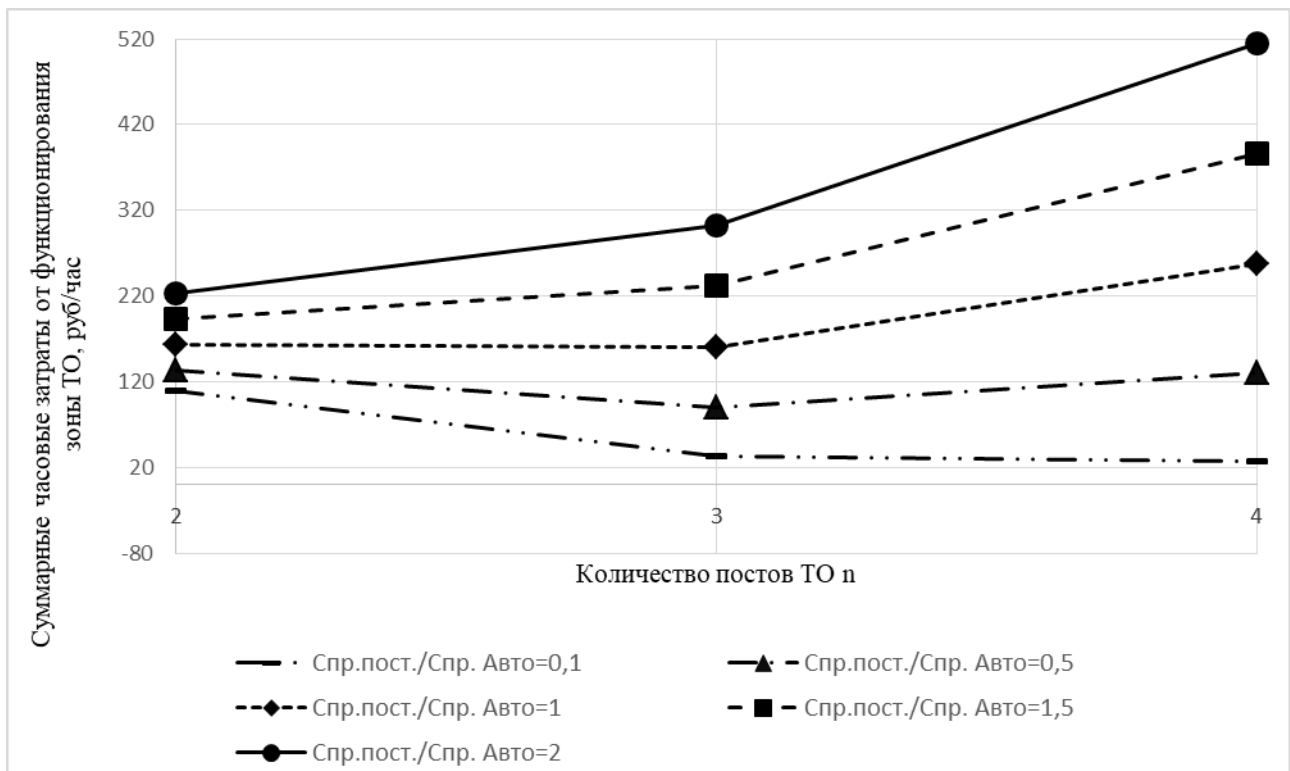
$T_{СР.ОЧ}$  – среднее время нахождения автомобиля в очереди, час;

$C_{ПР.ПОСТ}$ ,  $C_{ПР.АВТ}$  – соответственно потери прибыли из-за простоя одного поста в ожидании поступления автомобиля на ТО и потери прибыли за один автомобиле-час из-за простоя в ожидании ТО, руб./час.

Приняв потери прибыли за один автомобиле-час из-за простоя автомобиля в ожидании ТО  $C_{ПР.АВТ} = 100$  руб./час, рассмотрим, как изменяются данные затраты в зависимости от отношения  $\alpha$  затрат от простоя поста ТО к затратам из-за простоя автомобиля в ожидании ТО при заданных условиях моделирования (см. рисунок 1). Если затраты из-за простоя постов ТО  $C_{ПР.ПОСТ}$  меньше или равны затратам из-за простоя автомобилей  $C_{ПР.АВТ}$  ( $\alpha = 0,5-1$ ), то оптимальным является 3 поста ТО. При  $\alpha = 0,1$  оптимальное количество 4 поста.

Для практического применения данной методики необходимо точное определение потерь прибыли из-за простоя одного поста в ожидании поступления автомобиля на ТО и потерь прибыли за один автомобиле-час из-за простоя в ожидании ТО для конкретного предприятия.

Разработанная методика имитационного моделирования зоны ТО может использоваться при выполнении курсового проекта по дисциплине «Проектирование организаций автомобильного транспорта» для определения оптимального количества постов зоны ТО студентами специальности 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей».



**Рисунок 1 – Зависимость суммарных часовых затрат от функционирования зоны ТО от отношения затрат от простоя постов ТО к затратам из-за простоя автомобиля в ожидании ТО и количества постов во зоне ТО**

#### Список цитированных источников

1. Техническое обслуживание и ремонт автомобильных транспортных средств. Нормы и правила проведения: ТКП 248-2010 (02190). – Минск: РУП «БелНИИТ «Транстехника», 2010. – 44 с.
2. Проектирование предприятий автомобильного транспорта: Учебник / М.М. Болбас, Н.М. Капустин, А.С. Савич [и др.]; под ред. М.М. Болбаса - Минск: Адукацыя і выхаванне, 2004. – 528 с.
3. Монтик, С. В. Моделирование структуры производственных подразделений по техническому обслуживанию транспортных средств / С. В. Монтик, Ю. А. Головченко, Н. С. Монтик // Вестник БрГТУ. – 2017. - № 4 (106) : Машиностроение. – С. 66-69.
4. Кудрявцев, Е.М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 320 с.: ил.

УДК 67.02

**Нахайчук А. М., Гетманчук Ю. О.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Кудрицкий Я. В.**

### РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОГРАММЫ ВЫБОРА ТИПОРАЗМЕРА ТОКАРНОГО РЕЗЦА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ОБРАБОТКИ И ТЕПЛОВОЙ ДЕФОРМАЦИИ

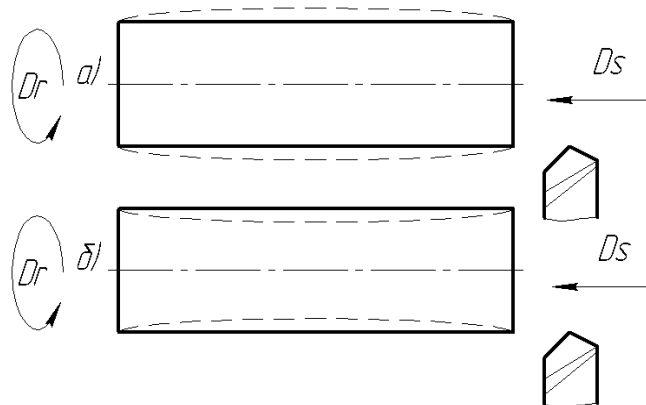
Целью данной работы является определение наиболее приемлемых режимов резания и применяемого режущего инструмента для выполнения механической обработки поверхности детали в заданных условиях.

Задача оптимизации режимов механической обработки поверхностей деталей предполагает поиск решения при большом количестве изменяющихся входных параметров процесса резания, от которых будет зависеть конечный результат функционирования технологической системы. В связи с этим целесообразно, выделив группы переменных и постоянных данных, формализовать расчет таких параметров процесса резания, величины которых позволят определенным образом характеризовать состояние процесса, его качественные и количественные показатели.

При выполнении механической обработки деталей, кроме основных движений, необходимых для формирования поверхности, возникают дополнительные смещения заготовки и инструмента относительно номинального положения. В результате обработанная поверхность может иметь размеры, форму и расположение, отличающиеся от заданных.

Одним из факторов, влияющих на качество функционирования технологической системы, является температура в зоне резания, способная вызвать значительные термические деформации компонентов системы и изменить положение характерных точек, через координаты которых организована связь между элементами системы СПИД при использовании автоматизированного оборудования.

Например, при токарной обработке наружной цилиндрической поверхности в результате термической деформации резца произойдет увеличение его вылета относительно базовой точки. При этом, если жесткость заготовки будет выше жесткости инструментального блока, поверхность станет бочкообразной (рис.1 а), и наоборот, если жесткость инструментального блока окажется выше жесткости заготовки, по окончании обработки на заготовке возникнет вогнутость (рис.1 б).



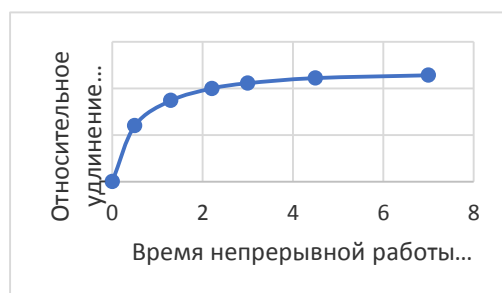
**Рисунок 1 – Возможные деформации заготовки при точении**

Если считать тепловой поток равномерно распределенным по всему инструменту, для токарного резца тепловую деформацию можно укрупненно определить по формуле [1]:

$$\Delta L \approx C \cdot \frac{L}{A} \cdot \sigma_B \cdot (ts)^{0.75} \cdot v^{0.5}, \quad (1)$$

где  $C$  – поправочный коэффициент, зависящий от условий обработки,  $C=40\dots50$ ;  $L$  – вылет резца, мм;  $A$  – площадь поперечного сечения державки резца, мм<sup>2</sup>;  $\sigma_B$  – предел прочности материала державки, МПа.

Общая зависимость температурной деформации резца от времени его непрерывной работы показана на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Зависимость температурной деформации токарного резца от времени**

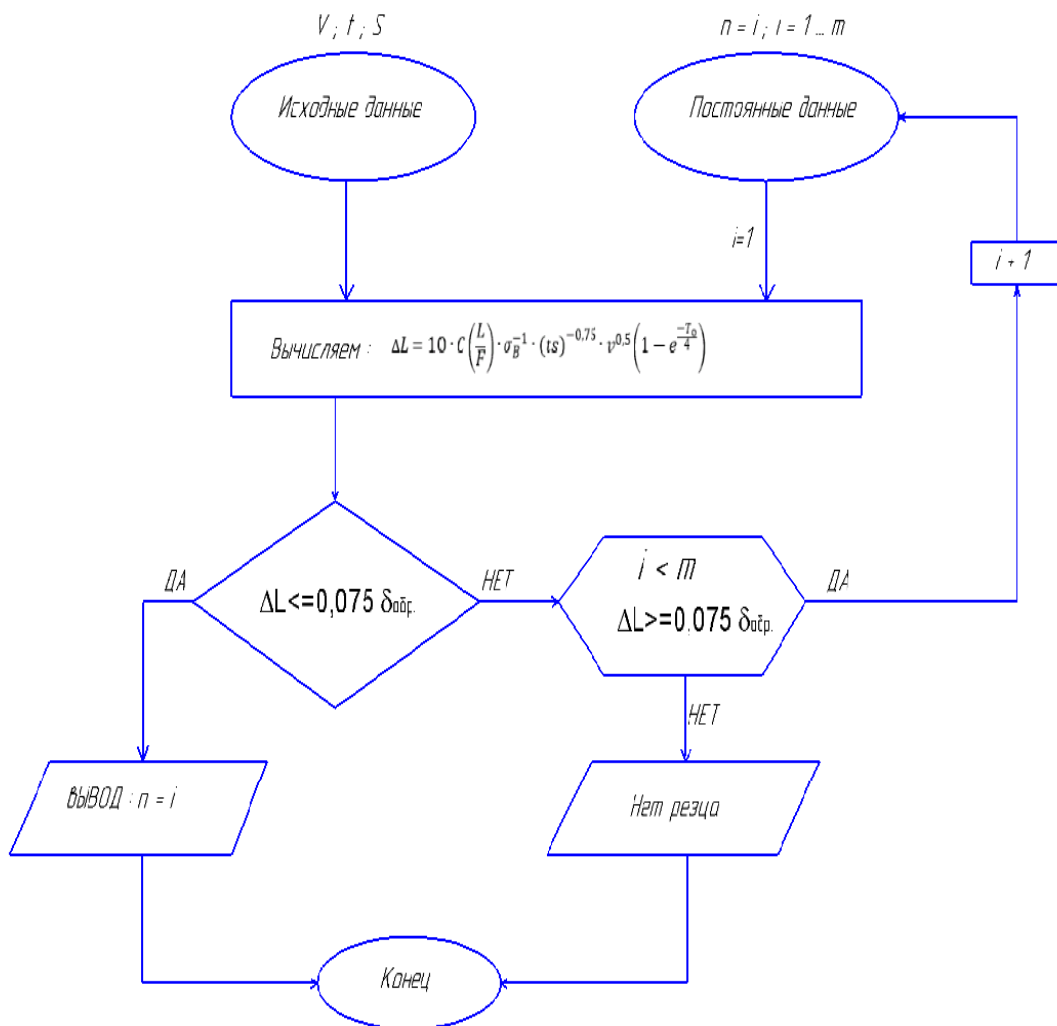
Как видно из формулы (1), величина термической деформации токарного резца зависит от принятых режимов резания и габаритных размеров державки инструмента.

Кроме того, погрешность, связанная с температурными деформациями компонентов технологической системы, зависит от времени функционирования системы (рис.2). В условиях автоматизированного производства очень важно, чтобы технологическая система как можно дольше находилась в режиме стационарного теплообмена. В этом случае стабилизируются погрешности обработки, связанные с температурными деформациями компонентов системы.

Свяжем задачу оптимизации процесса резания с выбором наиболее рациональных режимов обработки, приемлемых для определенных условий, а также с подбором габаритов державки резца с точки зрения снижения металлоемкости. Для поиска решений с несколькими взаимозависимыми входными данными выделим формальные параметры и автоматизируем расчет, целью которого будет разработка алгоритма определения тепловой деформации токарного резца и формализация выбора размеров державки инструмента из стандартного ряда для обработки наружной цилиндрической поверхности с заданной точностью.

При разработке программы учитываем особенности изменения температуры резания в зависимости от обрабатываемого материала и режимов обработки. Поскольку одной из важнейших характеристик инструментальных материалов является их теплостойкость, то при выборе подходящего для обработки инструментального материала необходимо соизмерить его красностойкость с расчётной температурой резания.

Представим алгоритм решения задачи оптимизации в виде блок-схемы. Показанной на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Блок-схема решения задачи оптимизации выбора инструмента**

**Список цитированных источников**

1. Резников, А.Н. Тепловые процессы в технологических системах / А.Н. Резников, Л.А. Резников. – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.: ил.
2. Ящерицын, П.И. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах: учеб. для вузов / П.И. Ящерицын [и др.]. – Минск: Высшая школа, 1990. – 512 с.

УДК 621.785 : 620.178

**Хеук М. В., Аббасов К. Т.**

**Научные руководители: Нерода М. В., Онысько С. Р.**

**ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ПРИМЕРЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ**

**Введение.** Подбор марки стали при проектировании и изготовлении деталей машин, механизмов, конструкций и сооружений имеет исключительно важное экономическое значение для любой отрасли промышленности и за-

ключается в выборе, который соответствует комплексу заданных физико-химических свойств и анализу материала с точки зрения наименьших экономических затрат [1]. Существуют различные методы повышения эффективности работы механизмов за счет различных способов термической обработки металлов: отжиг, закалка, отпуск, нормализация, дисперсионное твердение (старение), криогенная обработка и другие.

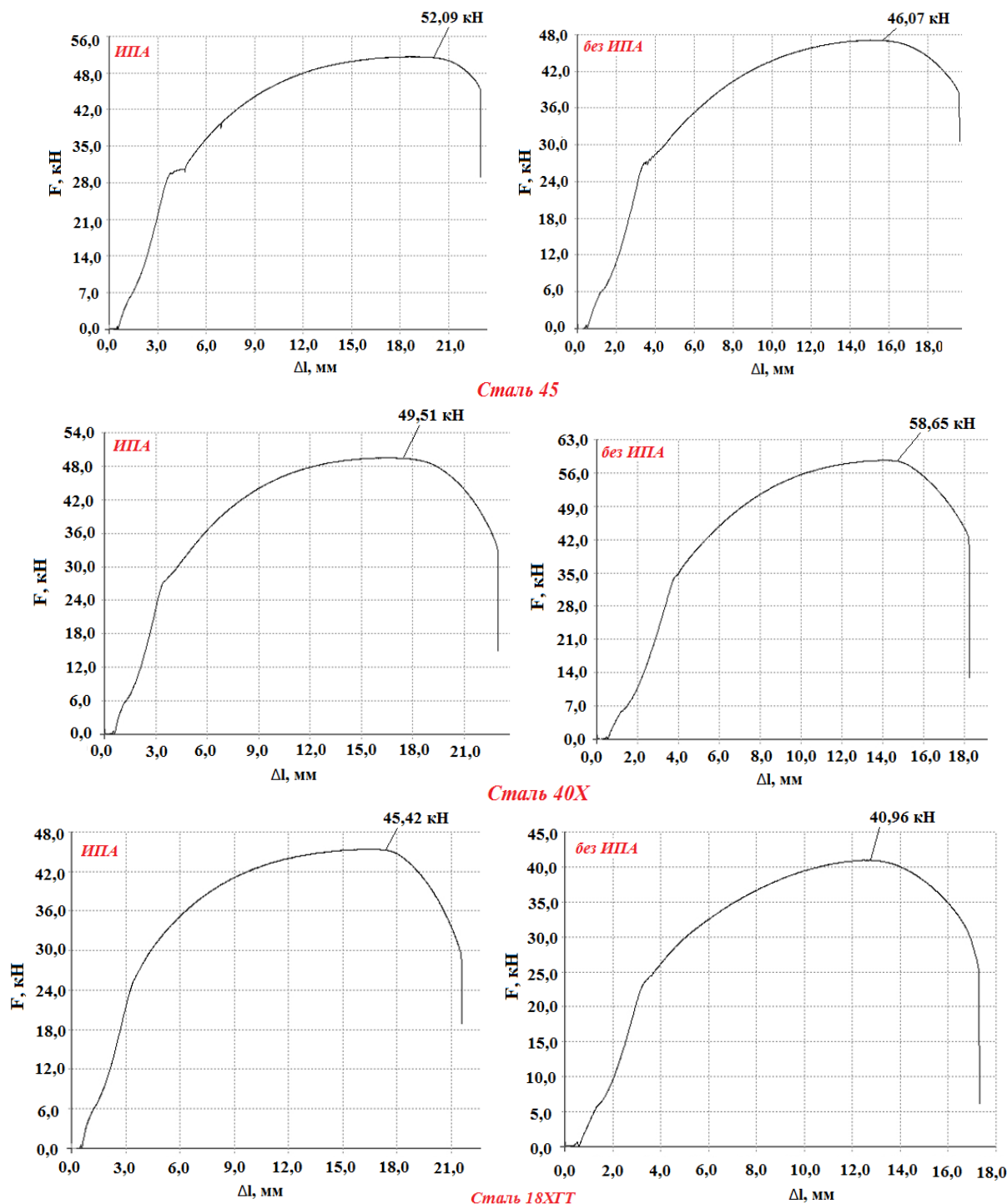
Целью настоящей работы является изучение механических и пластических характеристик сталей без химико-термической обработки и подвергнутых ионно-плазменному азотированию (ИПА). Получение в поверхностном слое деталей износостойкого состояния качественно упрочненного диффузионного слоя обеспечивает существенное повышение эксплуатационных свойств изделий [2].

**Методы и оборудование.** В качестве материала была исследована конструкционная сталь 45 и легированные стали 40X и 18ХГТ, из которых были изготовлены пропорциональные цилиндрические образцы по ГОСТ 1497-84 [3] диаметром  $d = 12$  мм и расчетной длиной  $l_0 = 120$  мм (рисунок 1). Нанесение покрытий осуществлялось в вакуумной камере в азотсодержащей среде, в которой между стенками камеры и поверхностью детали возникает тлеющий разряд, который обеспечивает формирование на поверхности изделия азотированного слоя с улучшенными поверхностными характеристиками.



**Рисунок 1 – Образцы для испытаний, изготовленные из соответствующих марок сталей и подвергнутых ИПА**

**Результаты экспериментов и их обсуждение.** ИПА проводилось при помощи рабочих газов (азот, аргон, водород). Испытания на разрыв упрочненных образцов проводились на универсальной электромеханической разрывной машине, позволяющей в режиме реального времени автоматически вычерчивать диаграмму растяжения в определенном масштабе в координатах «сила – удлинение» ( $F-\Delta l$ ) (рисунок 2). После проведения испытаний были получены значения диаметра «шейки» и новой длины образца, результаты которых сведены в таблицу.



**Рисунок 2 – Диаграммы испытания материалов на растяжение**

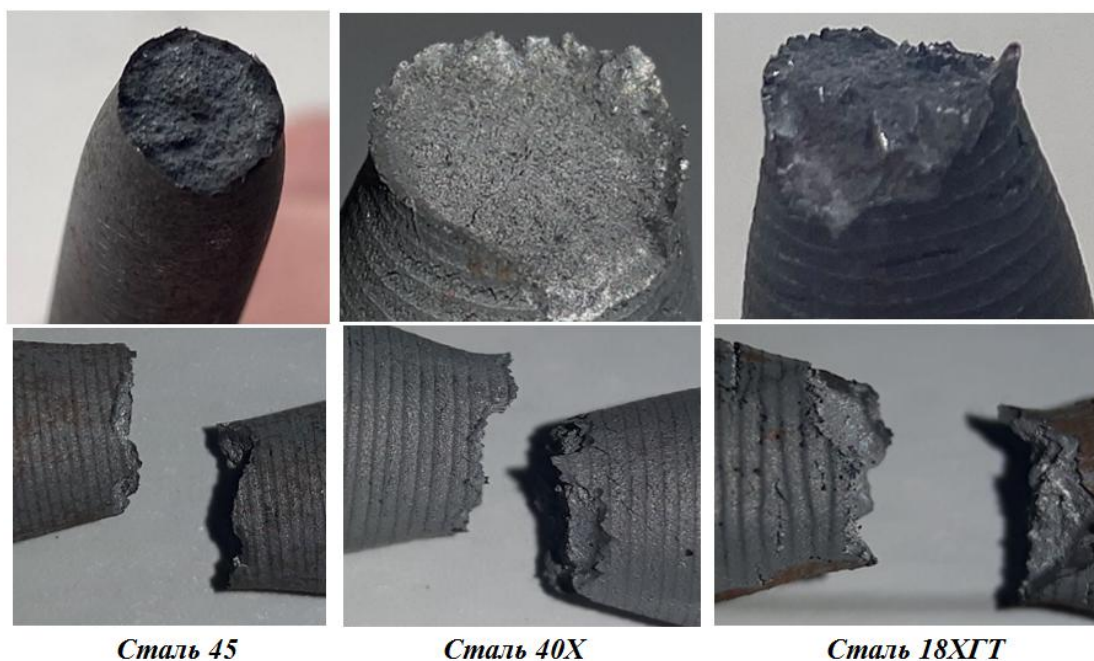
Анализируя полученные результаты, можно заметить, что после химико-термической обработки материал (сталь 45 и сталь 18ХГТ) обладает повышенной прочностью, максимальная воспринимаемая нагрузка была увеличена на 11,5 % и 9,8 % соответственно для каждой стали. Совсем другую картину показали испытания стали 40Х, у которой предел прочности неожиданно уменьшился на 15,5 %, но при этом характеристики пластичности увеличились на 12 % по сравнению с неупрочненным материалом.



**Таблица 1 – Результаты испытаний и характеристики пластичности образцов**

Сталь	Химико-термическая обработка	Диаметр шейки	Длина после испытания	Относительное удлинение	Относительное сужение
		$d_{ш}$ , мм	$l_k$ , мм	$\delta$ , %	$\psi$ , %
45	-	7,3	139,6	16,3	63,0
	-	7,2	139,5	16,3	64,0
	ИПА	7,7	136,5	13,8	58,8
	ИПА	7,8	136,5	13,8	57,8
40X	-	6,6	138,8	15,7	69,7
	ИПА	6,4	141,3	17,8	71,5
	ИПА	6,8	141,0	17,5	67,9
	ИПА	6,9	142,5	18,3	66,9
18ХГТ	-	6,4	137,5	14,6	71,5
	ИПА	6,2	136,0	13,3	73,3

Также был изучен характер разрушения образцов (рисунок 3), который показал, что в области излома у образцов с ИПА четко видно насыщение материала азотом. Сталь 45 и 40X разрушаются равномерно под углом (45 - 50)°, однако у стали 40X участок отрыва имеет в сердцевине менее протяжённую площадь и на поверхности появляются горизонтальные трещины. Сталь 18ХГТ разрушается за счет сдвигающих напряжений, достигающих до центра заготовки. Отрыв материала отсутствует.



**Рисунок 3 – Характер разрушения образцов**

Ионно-плазменное азотирование исключает деформацию образцов, а структура азотированного слоя остается неизменной даже при нагреве детали

до 650 градусов, что вместе с возможностью тонкой корректировки физико-механических свойств позволяет использовать ИПА для решения самых разнообразных задач.

#### **Список цитированных источников**

1. Подскребко, М.Д. Сопротивление материалов : учебник / М.Д. Подскребко. – Минск : Выш. шк., 2007. – 797 с.
2. Семенов, А.П. Методы и средства упрочнения поверхностей деталей машин концентрированными потоками энергии / А.П. Семенов [и др.]. – М.: Наука, 1992. – 404 с.
3. Металлы. Методы испытаний на растяжение : ГОСТ 1497-84. – Взамен ГОСТ 1497-73; введ. 01.01.86. – М.: Стандартиформ, 2005. – 22 с.

УДК 621.9.025.7

*Хеук М. В., Аббасов К. Т.*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Левданский А. М.*

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ ИСКУССТВЕННЫМ АЛМАЗОМ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА**

**Введение.** Алмазные режущие инструменты обеспечивают высокие скорости резания, существенное повышение производительности и качества обработки. Однако проблемы вибраций и динамического разрушения режущего лезвия инструмента сдерживают широкое использование алмазных инструментов в машиностроении.

**Факторы, влияющие на качество при обработке алюминиевого сплава.** В общем случае качество поверхности, которая образуется при механической обработке алюминия и алюминиевых сплавов, зависит от трех независимых параметров: кинематическая шероховатость, шероховатость механически обработанной поверхности, внешние воздействия.

**Особенности процесса резания.** Особенности алмазного резания во многом определяются свойствами алмазного инструмента: высокой твердостью, термоустойчивостью, хорошей полируемостью.

Из-за повышенной хрупкости алмаза алмазное резание возможно только при малых, безударных нагрузках на режущее лезвие, что позволяет успешно обрабатывать алмазным инструментом только малопрочные материалы (алюминий, латунь, бронзу, пластмассы и др.) при малых сечениях срезаемого слоя.

**Геометрия алмазных резцов.** При тонком точении рекомендуются следующие геометрические параметры режущей части алмазных резцов [1, с. 20]: передний угол  $\gamma$  выполняются отрицательным до  $-10^\circ$  даже при точении малопрочных материалов, задний угол  $\alpha$  принимают равным  $8-12^\circ$ .

Таким образом, угол заострения  $\beta$  алмазных резцов достигает  $90^\circ$ . Условия резания при малых углах в плане  $\phi$  ухудшаются, поэтому для алмазных резцов угол  $\phi$  принимают равным  $45^\circ$  и более.

Вспомогательный угол в плане  $\phi_1$  для резцов с несимметричными режущими кромками должен быть  $15^\circ$ .

При алмазном точении с небольшими глубинами резания криволинейные переходные режущие кромки во многом определяют шероховатость обрабатываемой поверхности, так как часто главная режущая кромка в работе не участвует, а резание производится только переходной режущей

кромкой. Установлено, что лучшие результаты по шероховатости поверхности дают алмазные резцы с радиусом закругления  $r$ , равным 0,2-0,3 мм. Такие резцы можно рекомендовать для обтачивания и растачивания на токарных станках.

Для декоративного точения рекомендуются резцы с одной переходной режущей кромкой длиной до 0,5 мм, параллельной оси обрабатываемой поверхности. В этом случае значительно улучшается шероховатость обработанной поверхности и повышается демпфирующая способность зоны резания (амплитуда колебаний менее 1 мкм).

**Влияние подачи (толщины срезаемого слоя).** Малые величины подач обусловлены требованиями высокой точности и чистоты обработанной поверхности. Алмазные резцы, работая с малыми величинами подач, имеют более высокую стойкость в сравнении с твердосплавными и быстрорежущими резцами.

**Влияние скорости резания.** При точении всухую деталей из алюминия и его сплавов алмазными резцами на передней поверхности резцов может образоваться нарост. Этот нарост резко ухудшает условия резания и шероховатость обработанной поверхности. Нарост может вызвать разрушение алмазного резца. Однако с увеличением скорости резания выше 700 м/мин (11,6 м/с) появление нароста исключается [2].

Процесс стружкообразования при высокоскоростной обработке имеет элементный характер, что вызывает колебания уровня силы резания с частотой от 1 до 100 кГц.

**Влияние смазывающей жидкости.** Применение смазочно-охлаждающей жидкости улучшает условия работы инструмента, препятствует образованию нароста и увеличивает период стойкости резцов [2, 3]. Хорошие результаты при обработке алюминия и его сплавов получаются при применении скипидара, смеси керосина (70%) и веретенного масла (30%), сурепного, вазелинового масел и их смеси (сурепного 30% и вазелинового 70%) [1, с. 22].

Рекомендуется при точении деталей из алюминия и его сплавов алмазными резцами использовать охлаждение спиртом, керосином или эмульсией, нарост на резцах не появляется. В этом случае скорость резания слабо влияет на шероховатость обработанной поверхности.

**Влияние ширины среза.** Составляющие сил резания изменяются по линейной зависимости в прямой пропорциональности от изменения ширины обрабатываемой поверхности, т. е. при увеличении ширины обрабатываемой поверхности в  $n$  раз составляющие силы резания увеличиваются во столько же раз.

**Экспериментальная обработка алмазом на станках нормальной точности.** Зависимость шероховатости обрабатываемой поверхности от элементов режима резания и геометрии инструмента исследована опытным путем при точении вала диаметром 100 мм на токарном станке нормальной точности алмазным резцом. В качестве материала обрабатываемого вала использовался алюминиевый сплав АК9ч.

В качестве оборудования для проведения экспериментов использовался румынский токарно-винторезный станок нормальной точности SN 501.

В экспериментах применялись кристаллы алмазов в виде плиток 4×4×1 (мм) с фасками.

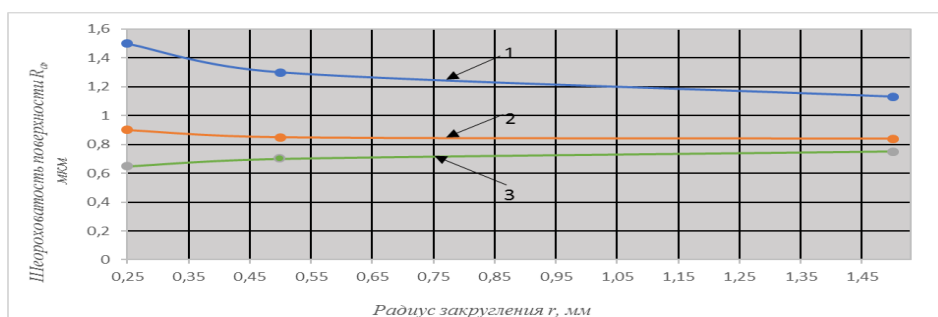
На полученной поверхности производились замеры шероховатости с помощью прибора TR-200.

Для измерения шероховатости детали на поверхность вала располагали датчик и проводили им с постоянной скоростью. Датчик воспринимает неров-

ности поверхности острым пером. Неровности вызывают смещения в датчике, в результате чего изменяется индуктивность катушки, которая генерирует аналоговый сигнал, пропорциональный размерам неровностей. Сигнал поступает на фазочувствительный выпрямитель. После усиления и преобразования уровня этот сигнал поступает в систему сбора данных. Собранные данные подвергаются цифровой фильтрации, и микросхема цифровой обработки сигналов производит расчет параметров. Результаты измерения выводятся на жидкокристаллическом дисплее.

**Полученные результаты.** После проведения эксперимента были получены графические зависимости шероховатости поверхности образца от элементов режима резания и геометрии резца.

При скорости резания  $u_p = 3$  м/с, с увеличением радиуса при вершине резца, шероховатость поверхности образца уменьшается. При скоростях резания  $u_p \geq 6$  м/с изменение радиуса закругления на качество обработанной поверхности влияет незначительно (Рисунок 1).



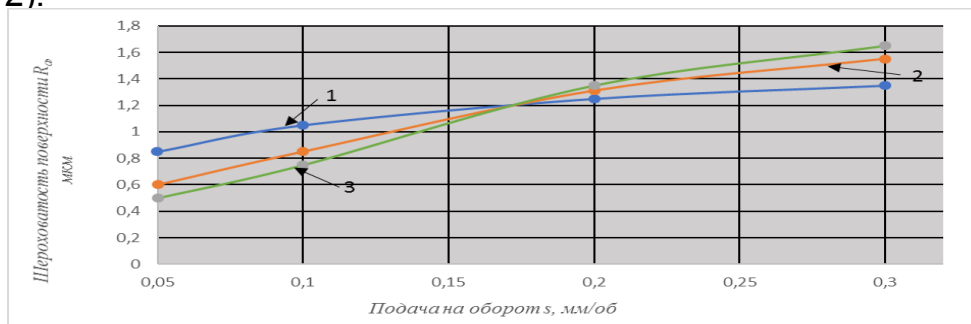
**Рисунок 1 – Зависимость шероховатости от радиуса закругления при следующих условиях:**

$s = 0,1$  мм/об; 1 –  $u_p = 3$  м/с; 2 –  $u_p = 6$  м/с; 3 –  $u_p = 10$  м/с

На участке 1 видно планомерное уменьшение шероховатости поверхности. На участках 2 и 3 влияние радиуса закругления незначительное. Однако на 3 участке видим незначительное увеличение шероховатости при увеличении радиуса закругления.

Радиус закругления резца имеет сложное влияние в зависимости от скорости резания. При высоких скоростях резания увеличение радиуса резца вызывает увеличение шероховатости за счет влияния вибраций и ухудшения рельефа режущей кромки.

При увеличении подачи качество обработанной поверхности ухудшается (Рисунок 2).



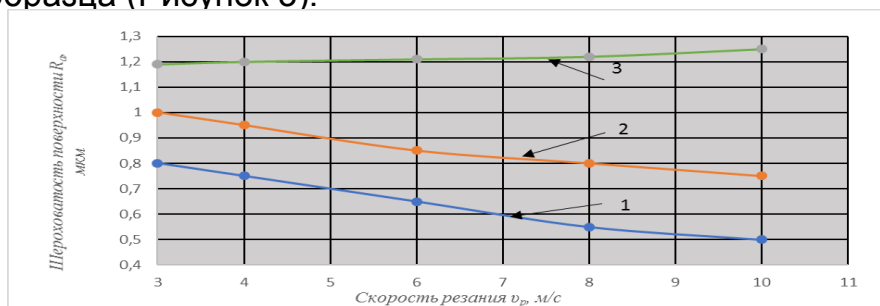
**Рисунок 2 – Зависимость шероховатости от подачи при следующих условиях:**

$r = 2,5$  мм; 1 –  $u_p = 3$  м/с; 2 –  $u_p = 6$  м/с; 3 –  $u_p = 10$  м/с

На всех участках виден рост шероховатости вне зависимости от подачи. Существует участок, на котором при различных условиях скорости шероховатость совпадает.

Наблюдается изменение характера влияния подачи при зависимости от скорости резания.

При подаче  $s = 0.2$  мм/об изменение скорости резания не оказывает значительного влияния на качество обработанной поверхности. При подачах  $s \leq 0.1$  мм/об увеличение скорости резания уменьшает шероховатость поверхности образца (Рисунок 3).



**Рисунок 3 – Зависимость шероховатости от скорости резания при следующих условиях:**

**$r = 2,5$  мм; 1 –  $s = 0,05$  мм/об; 2 –  $s = 0,1$  мм/об; 3 –  $s = 0,2$  мм/об**

На участках 1 и 2 видим планомерное уменьшение шероховатости при увеличении скорости резания. На участке 3 наблюдается обратная картина. Это требует дополнительного изучения.

Влияние скорости резания на шероховатость заметно проявляется при резании при малой подаче.

В результате работы можно сделать вывод, что для получения низкой шероховатости обработанной поверхности необходимо сочетание нескольких факторов. Имеется диапазон условий обработки, когда скорость резания не влияет на шероховатость. Указанные условия имеют большое практическое значение для получения необходимой шероховатости поверхности независимо от скорости резания, когда высокие скорости резания вызывают повышающую вибрацию системы.

#### **Список цитированных источников**

1. Непомнящий, В.А. Повышение эффективности точения алюминиевых сплавов алмазным инструментом с учетом динамики резания: Диссертация – Рыбинск, 2006.
2. Обработка машиностроительных материалов алмазным инструментом – М.: Наука, 1966. – 251 с.
3. Латышев, В.Н. Повышение эффективности СОЖ / В.Н. Латышев. – М.: Машиностроение, 1985. – 64 с.

УДК 629.113

**Ярошук К. Е., Субко Н. Р.**

**Научный руководитель: м.т.н., Березуцкая С. О.**

### **ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПРИ ПОДГОТОВКЕ ВОДИТЕЛЕЙ КАТЕГОРИИ «В»**

Современной автошколе сложно удивить курсанта наличием в образовательном учреждении компьютера с проектором или интерактивной доской.

При подготовке водителей категории "В" применяют все более совершенное оборудование и электронные средства, позволяющее проводить занятия гораздо более эффективно и качественно. Современный учебный процесс немислим без применения различных технических средств.

В работе [2] подробно проведен анализ применения мультимедийной программы для преподавателей автошкол. В качестве средства отображения информации они предлагают использовать интерактивный экран. Возможности программы впечатляют и позволяют надеяться на начало нового этапа в техническом оснащении автошкол. Сейчас идут интересные разработки новых автотренажеров. Они не только начинают приобретать более современные внешние формы и оснащаться настоящими приборными щитками и органами управления. Принципиальные изменения вносятся в их внутреннее содержание – программное обеспечение (ПО). ПО производственной фирмы «ЛОГОС», например, создаёт очень реалистичную картину движения в различных дорожных условиях. При этом инструктор, в зависимости от потребности конкретного ученика, может задать много различных параметров, влияющих на безопасность движения. Это не только возможность выбора времени суток или коэффициента сцепления с дорогой, но и такие параметры, как интенсивность движения (от пустых улиц до 100 машин одновременно в поле зрения водителя) и стиль их движения (от спокойного до агрессивного). Система визуализации позволяет получить высокодетализированное изображение на основе фототекстур. Реалистичность обеспечивается динамическим затемнением, реализацией динамических источников освещения и развитой системой анимации. При использовании в системе трех экранов создаётся объёмная и правдоподобная картина движения. Таким образом, возможность изучить особенности движения по транспортным развязкам, туннелям, горным серпантинам, оживлённым перекрёсткам и «пробкам», доступны в любом уголке страны. Использование подобных тренажеров позволит в значительной степени приблизиться к единым стандартам подготовки водителя и минимизировать региональные климатические и дорожные особенности. Пока тренажеры «умеют» только фиксировать ошибки. Важнейшим, новым и очень перспективным направлением в создании тренажеров, является создание для них обучающих программ. Актуальность их создания обусловлена несколькими факторами:

- педагогический уровень значительной части мастеров производственного обучения (МПО) вождению не соответствует сложности стоящих задач. Программы их подготовки и переподготовки давно отстали от требований времени. Мастера просто не знают и не всегда в состоянии понять сущность и значение новых психолого-педагогических приёмов обучения вождению;

- даже применяя известные им приёмы и методики, они не всегда умеют доходчиво объяснить материал и терпеливо тренировать ученика до выработки у него устойчивых и правильных динамических стереотипов, необходимых для управления автомобилем, объективно оценивать степень усвоения учебного вопроса и целесообразность перехода к следующему;

- при проведении занятий МПО не имеет возможности использовать какие-либо учебные пособия;

- МПО очень трудно полноценно работать с несколькими учениками, особенно если они с разным уровнем подготовки.

Эти недостатки устраняет обучающая программа, установленная на тренажёр.

Опытный образец такой программы – «АТОС» (автоматизированная тренажёрная обучающая система), создана в Санкт-Петербурге. Программа сопряжена с игровым автосимулятором.

Другую версию обучающей программы готовит ЗАО «ТУР», совместно с ПФ «ЛОГОС». По содержанию они во многом совпадают, но это программа уже более обширна. И используемые для неё высокореалистичные тренажёры с использованием реальных деталей автомобиля семейства ВАЗ 2110 позволяют виртуальному инструктору учить всему, что программа обучения разрешает изучать на тренажёре: от правильной посадки за руль и регулировок сидения до совершенствования навыков в сложных дорожных условиях, при движении ночью, в гололедицу, в окружении большого количества водителей – злостных нарушителей ПДД и внезапно перебегающих дорогу пешеходов.

Такие технические средства обучения должны стать надёжным помощником в формировании безопасных моделей поведения участников дорожного движения. Они обеспечивают:

- наглядность;
- объективность применением метода автоматизированной системы оценки качества выполнения учебных задач;
- последовательность и постепенность путём постановки задач от простого к сложному. При этом переход к более сложному уровню возможен только после полного усвоения предыдущего;
- индивидуальный подход, возможность мастера дать каждому ученику необходимую именно ему программу и контролировать ход её выполнения.

Преимущества новых технологий понятны большинству специалистов, занятых подготовкой водителей, вызывают их живой интерес и желание использовать в учебном процессе.

В работе [3] изложены основные принципы использования автотренажеров при обучении водителей. Машины давно стали неотъемлемой частью жизни современного человека, и количество автомобилей на дорогах увеличивается. Поэтому вождение и нахождение на дорогах становится более сложным процессом. Для решения данной проблемы разрабатываются специальные устройства, позволяющие наилучшим образом подготовить будущего водителя к различным ситуациям. Таким устройством в первую очередь является тренажер вождения, который обеспечивает отличную подготовку. В последнее время все чаще можно услышать о таких технических приспособлениях, как автотренажеры и автосимуляторы. Их востребованность и распространенность увеличивается вместе с ростом популярности автомобилей.

В начале обучения у курсанта вырабатываются правильные навыки работы с органами управления. Тренажер задает обучающемуся необходимые упражнения с заданной очередностью работы с рулем, педалями, рычагом кулисы КПП и т. д. Упражнения выполняются с заданным временем до выработки необходимого автоматизма. На этом и на всех последующих этапах обучения тренажер оценивает качество выполнения упражнений, фиксирует ошибки обучающегося. Затем курсант обучается троганию с места на автомобиле, рулению на прямолинейных участках дороги, троганию с места автомобиля на подъемах и спусках и рулению на дороге с поворотами, движению по дороге, насыщенной дорожными знаками, перекрестками, светофорами, переездами, мостами и т. д., движению по дороге общего пользования со встречными машинами, с обгонами и обгоняющими автомобилями, а также с имитацией аварийной обстановки, в связи с неожиданно появляющимися на пересекающихся направлениях, автомобилями, с созданием ситуаций, требующих экстренной остановки. Эта программа позволяет выработать у курсанта навыки внезапной остановки автомобиля. После такого курса поведение обучающегося на дорогах становится увереннее.



Автосимулятор можно встретить в большинстве школ вождения. Во многих из них данные устройства являются неотъемлемой частью учебной программы. Самые распространенные виды тренажеров – автотренажеры для обучения управлением легковым автомобилем. Автомобильный тренажер имеет все самое необходимое и позволяет создать ощущение реальности. Еще одной разновидностью тренажеров являются специальные обучающие стенды, позволяющие изучить работу различных систем автомобиля: топливной, электронной, тормозной.

Одной из основных причин аварийности на автомобильном транспорте является недостаточное профессиональное мастерство водителей. Анализ дорожно-транспортных происшествий показывает, что неправильные и несогласованные действия водителей в большинстве случаев вызваны ошибками в оценке дорожно-транспортных ситуаций и прогнозе их дальнейшего развития.

Так, в связи со спецификой управления автомобилем в ряде исследований (Э. Г. Сингуринди, 1986; Э. С. Цыганков, 1995, 1999; К. Н. Огарко, Э. С. Цыганков, 1998; А. Н. Голосай, 2004 и др.) показано, что технико-информационные взаимоотношения в системе «человек – автомобиль» составляют один из решающих компонентов подготовленности водителей.

В литературе неоднократно подчеркивалось, что повышение уровня подготовки водителя тесно связано с совершенствованием таких важных составляющих, как физическая, психологическая и технико-тактическая подготовленность (Э. Г. Сингуринди, 1980; Б. И. Худойназаров, 1992; Е. М. Бариеников, 1994; Н. А. Потапова, 1999; В. В. Московских, 2004; В. А. Прусов, 2005).

В последние два десятилетия в специальной и научно-методической литературе обсуждаются вопросы повышения квалификации водителей различных категорий с помощью применения инновационных тренажерных комплексов (В. А. Плахтиенко, Ю. М. Блудов, 1983; Д. Д. Донской, 1995; А. В. Родионов, 2001 и др.).

Кроме того, в ряде исследований авторы указывают на необходимость использования автосимуляторов и автотренажеров при обучении водителей, что позволяет довести до автоматизма действия на улично-дорожной сети и реакции на непредвиденные аварийные ситуации.

Среди широкого круга вопросов подготовки высококвалифицированных водителей недостаточно изучены вопросы построения тренировки и контроля физических и психических способностей водителей (кандидатов в водители) и влияние на уровень их водительского мастерства таких факторов, как применение в процессе подготовки автомобильных тренажеров.

Таким образом, недостаточная изученность и разработка ряда важнейших вопросов совершенствования подготовки водителей, связанных с применением автомобильных стимуляторов и тренажеров, обуславливает актуальность темы исследования.

Одно из важнейших направлений по снижению показателей аварийности является совершенствование методов обучения кандидатов в водители, повышение мастерства вождения путем совершенствования обучающих методик и применения при обучении вождению современных комплексных автомобильных тренажеров.

Автотренажеры оснащены стандартными органами управления, их программное обеспечение позволяет обучать и стажировать водителей на автомобилях с разным типом привода (передний, задний или полный), по сухому асфальту или льду, днем или ночью.

Обучение на автотренажере на начальном этапе подготовки водителя позволяет сформировать основные навыки управления автомобилем, которые закрепляются на уровне подсознания. После такого тренинга водитель в состоянии видеть и анализировать ситуацию на дороге, прогнозировать ее развитие с максимальной эффективностью.

Существующие методы оценки подготовки водителей автомобилей допускают, что в процессе обучения автомобиль и среда остаются неизменными и несвязанными с количественными характеристиками уровня обученности человека. Но в процессе обучения вместе с изменением организации действий человека изменяется организация функционирования автомобиля. Одновременно изменяется характер восприятия человеком окружающей среды. Сначала среда воспринимается поэлементно, потом функциональными группами и, в итоге, в целом. Все эти изменения не находят отображения в существующих методах оценки уровня профессиональной подготовки человека. Это приводит к значительным ошибкам при решении задач управления процессом обучения и прогнозированию его результатов.

Для повышения качества подготовки водителей категории "В" с учетом вышесказанного составим ряд требований, которые должны предъявляться к современным автотренажерам:

1. Выработка базовых моторных навыков управления типичным транспортным средством;
2. Изучение общих принципов управления транспортным средством при различных метеорологических условиях и разном времени суток;
3. Изучение ПДД на практике без риска и амортизационных расходов, связанных с эксплуатацией реального учебного автомобиля, затрат на техобслуживание и ГСМ;
4. Подготовка к сдаче первого этапа практического экзамена на получение права на управление транспортным средством (на автодроме);
5. Подготовка к сдаче второго этапа практического экзамена на получение права на управление транспортным средством (в городе);
6. Автоматическая фиксация ошибок пользователя и сохранение статистических результатов тренировочных и экзаменационных заездов в персонализированной базе данных.

#### **Список цитированных источников**

1. Мамытов, А.Б. Современные технические средства обучения подготовки водителей транспортных средств / А.Б. Мамытов, Б.К. Орозакунова // Научная электронная библиотека ИГУ им. К.Тыныстанова - Вестник ИГУ им. К.Тыныстанова [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: [http://nbisu.moy.su/load/30\\_1\\_2011/-mamytov\\_a\\_b\\_orozakunova\\_b\\_k\\_sovremennye\\_tekhnicheskie\\_sredstva\\_obuchenija\\_podgotovki\\_voditelej\\_transportnykh\\_sredstv/41-1-0-1305](http://nbisu.moy.su/load/30_1_2011/-mamytov_a_b_orozakunova_b_k_sovremennye_tekhnicheskie_sredstva_obuchenija_podgotovki_voditelej_transportnykh_sredstv/41-1-0-1305). – Дата доступа: 08.05.2020.
2. Пугачев, И.Н. Организация и безопасность дорожного движения / И.Н. Пугачев, А.Э. Горев, Е.М. Олещенко. – М.: Издательский центр «Академия», 2009.
3. Применение автотренажеров при обучении водителей категории «В»: моногр. / И.Е. Ильина, В.В. Лянденбургский, С.А. Пылайкин. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 220 с.

# **ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ**

УДК 697.112

**Борисевич Р. В.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Матчан В. А.**

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛСТК**

Строительство – одна из самых бурно развивающихся отраслей в современном мире. Практически в любом государстве вопросам строительства и архитектуры уделяется значительное внимание. Одной из проблем, всегда привлекающих внимание специалистов, является сокращение сроков строительства и стоимости эксплуатации здания. Одно из направлений решения этой проблемы – внедрение в процесс проектирования и возведения зданий результатов современных научных исследований, использование более совершенных строительных материалов, имеющих улучшенные характеристики по надёжности и долговечности. Важнейшими факторами, влияющими на стоимость эксплуатации здания, являются его утепление и затраты на отопление готового объекта. Утепление производится по всему периметру здания, поэтому даже в небольшом здании площадь утепления может составлять сотни квадратных метров, что приводит к значительным затратам. В связи с этим задача оптимизации архитектурно-планировочных решений зданий представляется достаточно актуальной.

В последнее время становится всё более востребованной технология строительства зданий с применением лёгких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) (рисунок 1). Стальные конструкции успешно применяются как для возведения промышленных объектов, так и в жилых и общественных зданиях. Между тем у данного материала имеются как преимущества, так и недостатки.



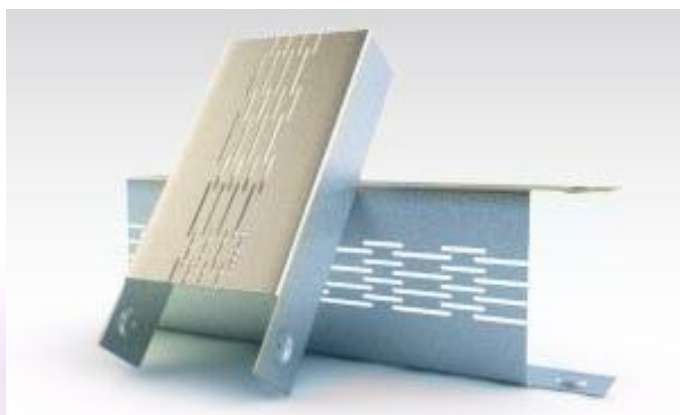
**Рисунок 1 – Несущий каркас жилого здания из ЛСТК**

ЛСТК – замечательное и перспективное направление в архитектуре. Ведь металл – это один из самых пригодных материалов для воплощения самых невероятных идей. Современная технология быстровозводимого строитель-

ства ЛСТК, широко распространенная в мире, дает возможность существенно экономить ресурсы и уменьшать строительные сроки.



**Рисунок 2 – Стальной тонкостенный профиль (СТК)**



**Рисунок 3 – Термопрофиль**

Благодаря тому, что монтаж металлических каркасов по технологии ЛСТК выполняется из предварительно собранных линейных деталей, сроки сборки и установки конструкций существенно ниже, чем из сборных ж/б конструкций заводского изготовления. В качестве лицевого слоя для ЛСТК в отделке фасадов зданий используются самые разнообразные материалы. Это могут быть конструкции из металлопластика, алюминия, сайдинг и профнастил, специальные фасадные вентилируемые панели (кассеты) или наружные плиты «Аквапанель». Цементно-минеральные плиты «АКВАПАНЕЛЬ» Наружная стена представляют собой листовые изделия, состоящие из сердечника на основе мелкозернистого легкого бетона, все плоскости которого (лицевая, тыльная сторона, продольные кромки), кроме торцевых кромок, армированы стеклосеткой. Однако низкие теплотехнические характеристики стального профиля (рисунок 2) ( $\lambda = 58 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ ), несмотря на все достоинства ЛСТК, ограничили область их массового применения возведением нежилых зданий и сооружений.

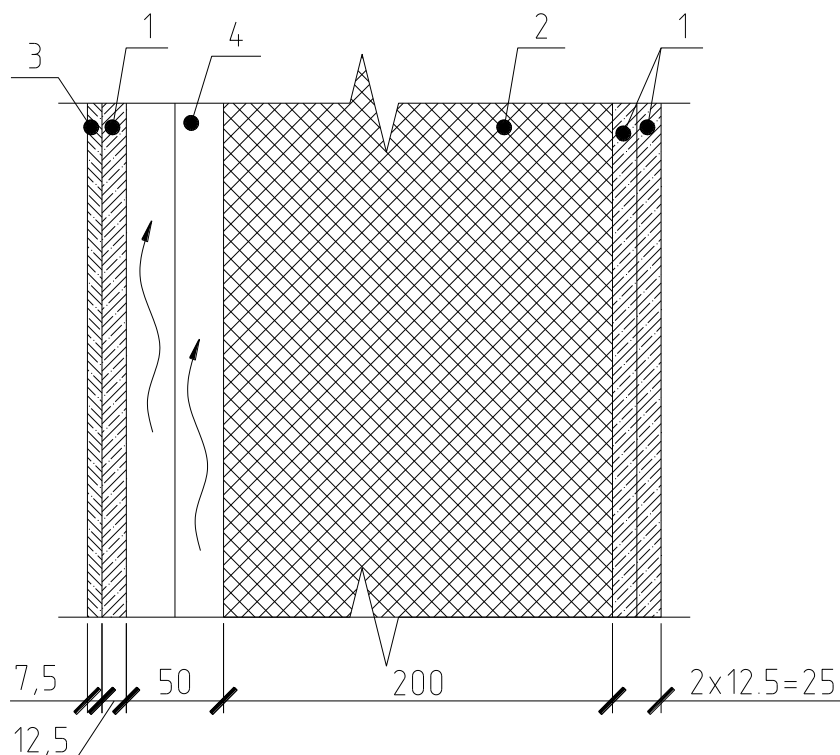
Следует отметить, что при строительстве дома из ЛСТК не избежать возникновения большого количества так называемых «мостиков холода».

Благодаря им в здании увеличиваются теплопотери, что приводит не только к отсутствию комфорта внутри помещения в холодное время года, но и значительно сокращает срок эксплуатации. На самом деле «мостики» имеются в каждом здании, независимо от строительных материалов. У домов из газосиликатных блоков они находятся в зоне швов. Кирпич сам по себе относится к «холодным» материалам, и его, как правило, утепляют с помощью пенополистирола или минеральной ваты. В случае с ЛСТК уменьшить влияние «мостиков холода» можно с помощью специальных термопрофилей (рисунок 3).

Разработка перфорированных стальных профилей (термопрофилей) позволила решить проблему уменьшения теплопроводности металла. По данным исследований, проведенных в Финляндии и Швеции, наиболее эффективны с точки зрения энергосбережения стальные профили с перфорацией по всей длине от четырех до восьми рядов. Их применение в ограждающих конструк-

циях позволяет снизить теплопроводность по профилю на 70–80 % по сравнению с СТК без перфорации.

Рассчитаем конструкцию ЛСТК, представленную на рисунке 4, как однородную конструкцию. Расчет проведен в соответствии с [2] по (1).



**Рисунок 4 – Техническое решение каркасно-обшивной наружной стены включает стальной каркас, наружную облицовку из плит «АКВАПАНЕЛЬ® наружная» (1 – армированная цементно-минеральная плита «Аквапанель»; 2– минераловатная плита ROCKWOOL; 3– отделочный слой; 4– воздушная прослойка)**

**Таблица 1 – Характеристики используемых материалов**

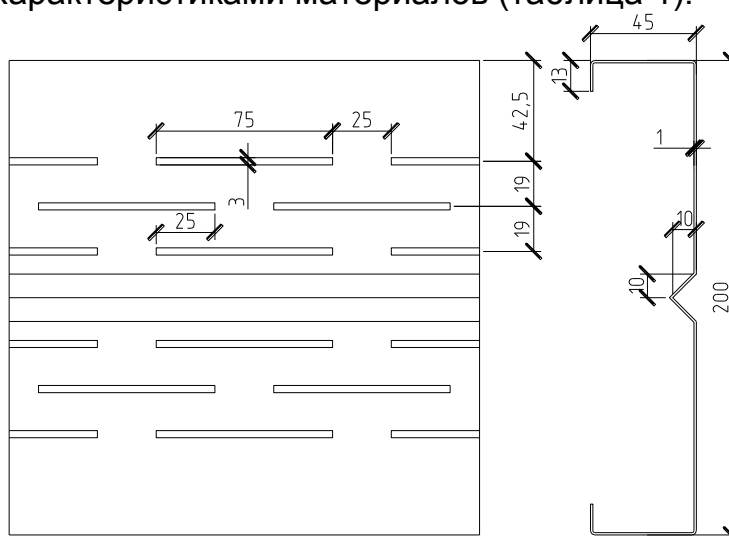
Наименование материала	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность, Вт/м·°С	Удельная теплоемкость, Дж/кг·°С
Армированная цементно-минеральная плита «Аквапанель»	1100	0,32	950
Минераловатная плита ROCKWOOL	40	0,042	1050
Профиль металлический	7900	58	434

$$R = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{8.7} + \frac{0.025}{0.32} + \frac{0.2}{0.042} + \frac{1}{12} = 5.038 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}, \quad (1)$$

Так как два варианта стены, в одном из которых применен СТК, а в другом термопрофиль, рассчитываются без учета профиля проходящего по толщине теплоизоляционного слоя, мы получим одинаковые значения термического сопротивления в обоих случаях.

Чтобы учесть снижение термического сопротивления при наличии профилей, определим требуемое сопротивление теплопередаче на внутренней поверхности стены с помощью программного комплекса COMSOL [3]. Условно

примем фрагмент стены 1.2x1м, так как каркас стен ЛСТК состоит из стоечных профилей, установленных с шагом 600 мм [4]. Зададимся одинаковыми для двух вариантов граничными значениями температур и коэффициентами теплоотдачи для внутренней и внешней поверхности (таблица 2), а также толщинами (рисунок 4) и характеристиками материалов (таблица 1).



**Рисунок 5 – Геометрические характеристики термопрофиля**

Требуемое сопротивление теплопередаче,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ , определяем по формуле:

$$R_{\text{т.тр}} = \frac{n(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{\alpha_{\text{в}} \Delta t_{\text{в}}}, \quad (2)$$

где  $t_{\text{в}}$  – расчетная температура внутреннего воздуха,  $\text{°C}$ , принимаемая в соответствии с нормами технологического проектирования;

$t_{\text{н}}$  – расчетная зимняя температура наружного воздуха,  $\text{°C}$ , принимаемая по таблице 4.3[2], с учетом тепловой инерции ограждающих конструкций D (за исключением заполнений проемов) по таблице 5.2[2];

$n$  – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, принимаемый по таблице 5.4[2];

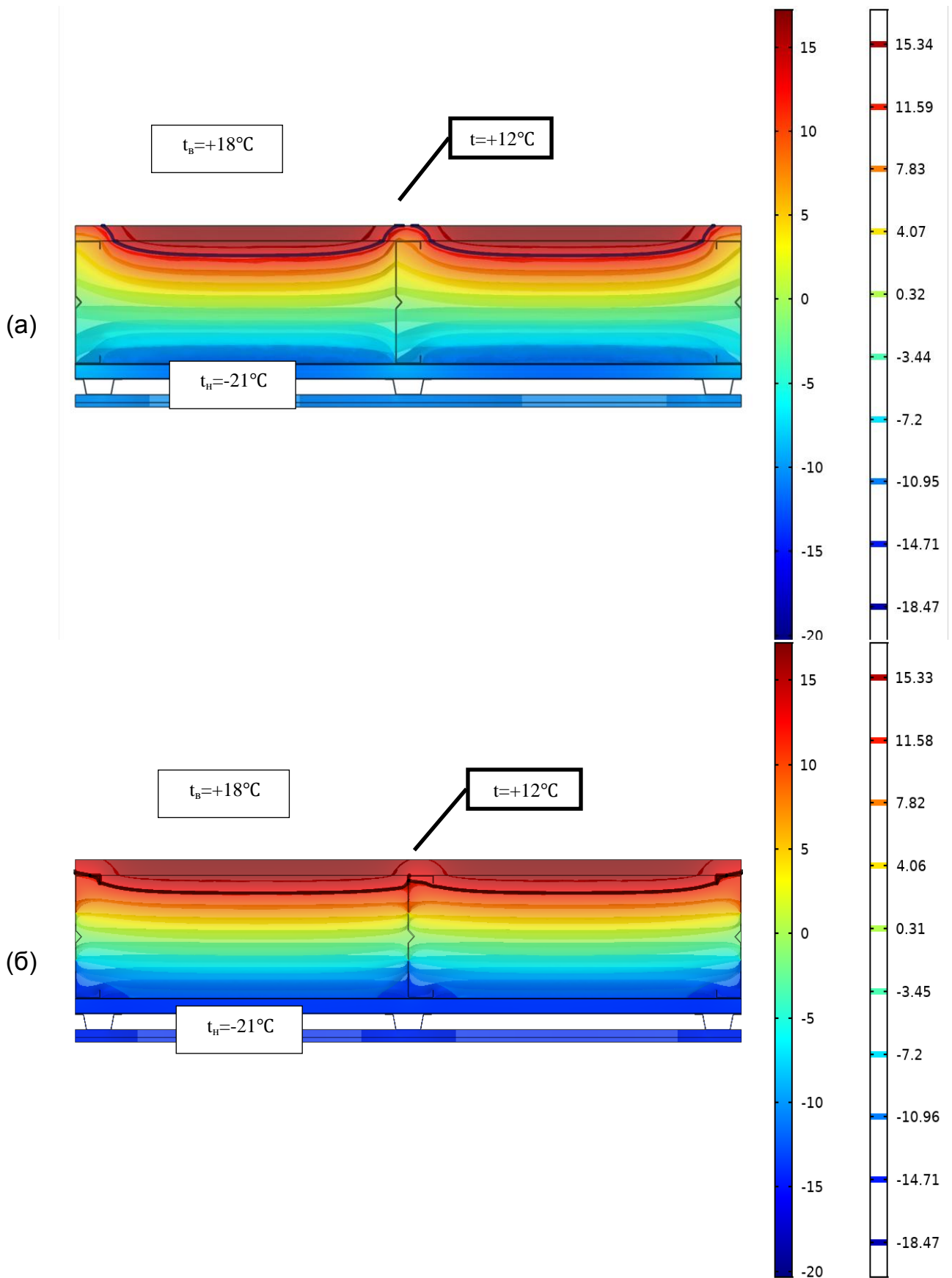
$\alpha_{\text{в}}$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции,  $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ , принимаемый по таблице 5.5[2];

$\Delta t_{\text{в}}$  – расчетный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции,  $\text{°C}$ , принимаемый по таблице 5.5[2].

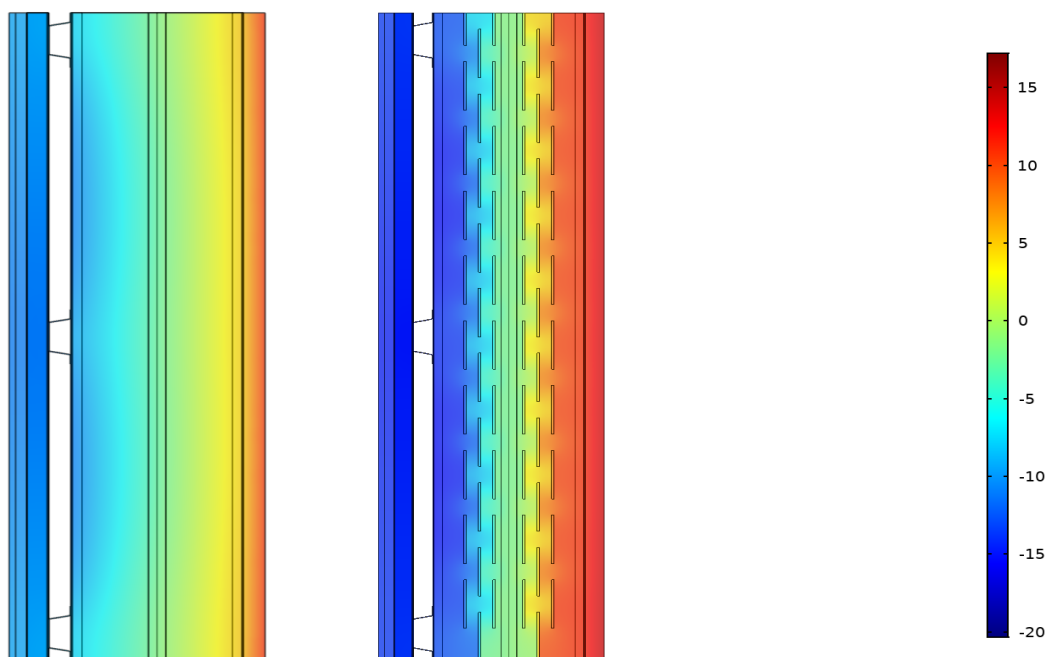
**Таблица 2 – Результаты расчетов**

Образец профиля	$n$	$\alpha_{\text{в}}$	$t_{\text{в}}/t_{\text{н}}, \text{°C}$	$t_{\text{в}}-t_{\text{н}}, \text{°C}$	$\Delta t_{\text{вн.п}}$	$\Delta t_{\text{в}}$	$q, \text{Вт}/\text{м}^2$	$R, \text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
СТК	1	8,7	+18/-21	39	15,96	2.04	17,79	2.19
Термопрофиль			+18/-21	39	16,69	1.31	11,44	3.41





**Рисунок 6 – Распределение температуры по утеплителю (а)СТК, (б) – термопрофиль**



**Рисунок 7 – Распределение температуры по профилю (слева–СТК, справа – термопрофиль)**

Полученные данные позволяют сделать вывод, что перфорация в термопрофиле помогает более плавно распределить потери тепла по утеплителю (рисунок 6б) и задерживает тепловые потери в самом профиле (рисунок 7). В то же время на рисунке 6а видно, что у стены с использованием СТК расчетный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности больше  $6^{\circ}\text{C}$ , из-за чего внутренняя поверхность стены подвержена промерзанию. Также по полученным результатам СТК профиля при принятой толщине стены не целесообразно, так как термическое сопротивление меньше нормативного, которое составляет  $3,2 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ .

#### **Список цитированных источников**

1. Альбом технических решений «КНАУФ АКВАПАНЕЛЬ® Наружная стена. Наружные несущие каркасно-обшивные стены с каркасом из стальных тонкостенных холодногнутох оцинкованных профилей с применением материалов КНАУФ»
2. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-2.04-43-2006. – Минск: Минстройархитектуры РБ, 2007. – 32 с.
3. Рекомендации по расчету приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и расчету потерь теплоты через ограждение: Р 1.04.115.13. – Введ. 14.10.13. – Минск: Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С.С., 2013. – 61 с.
4. СТБ EN ISO 10211 Тепловые мостики в зданиях. Тепловые потоки и температура поверхности. Подробные расчеты. Первая редакция проекта государственного стандарта. – Минск: РУП «Стройтехнорм», 2014.
5. Альбом рабочих чертежей серия КС 11.04/2009 «Комплектные системы КНАУФ Каркасно-обшивные наружные стены с каркасом из термопрофилей с применением различных листовых материалов КНАУФ для многоэтажных зданий различного назначения с несущим каркасом»
6. ГОСТ Р 58774— 2019. Стены Наружные Каркасно-Обшивные Самонесущие И Несущие С Каркасом Из Стальных Холодногнутох Оцинкованных Профилей Общие технические условия – Москва.Стандартинформ,2020 – 31с.

УДК 378.147

**Бурый С. Н., Брень В. А.**

**Научный руководитель: к.т.н. Акулова О. А.**

## **ОСОБЕННОСТИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ 3D-МОДЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ РАСТРОВОЙ И ВЕКТОРНОЙ ГРАФИКИ**

Компьютерная графика – это область деятельности, в которой компьютеры используются как для создания изображений, так и для обработки визуальной информации, полученной из моделей реального мира.

Графический редактор – это программа создания, редактирования и просмотра графических изображений. Все графические редакторы можно условно разделить на две группы: растровые и векторные. Рассмотрим каждую из них.

Растровое изображение, как мозаика, складывается из множества маленьких ячеек – пикселей, каждый из которых содержит информацию о цвете. Определить растровое изображение можно, увеличив его масштаб: на определенном этапе станет заметно множество маленьких квадратов.

Наиболее распространенные растровые форматы:

– GIF (Graphics Interchange Format) – формат для обмена изображениями, хранения графических изображений, способен хранить сжатые без потерь изображения в формате до 256 цветов с палитрой;

– PNG (Portable Network Graphics) – растровый формат хранения графической информации, использующий сжатие без потерь;

– BMP (Bitmap – битовая карта) – формат хранения растровых изображений. Обычно используется без сжатия;

– JPEG (Joint Photographic Experts Group – Объединенная группа экспертов в области фотографии) – является широко используемым методом сжатия фотоизображений. Формат файла, который содержит сжатые данные, обычно, также называют именем JPEG;

– TIFF (Tagged Image File Format) – формат хранения растровых графических изображений с большой глубиной цвета, используется при сканировании, отправке факсов, распознавании текста, в полиграфии, широко поддерживается графическими приложениями.

Растровая графика удобна для создания качественных фотореалистичных изображений, цифровых рисунков и фотографий.

Наиболее известные растровые редакторы: 3Ds Max и Adobe Photoshop – самые популярные коммерческие редакторы; Adobe Fireworks; GIMP – самый популярный свободный бесплатный редактор; Microsoft Paint; Microsoft Photo Editor; Corel Photo-Paint; Corel Paint Shop Pro; Corel Painter; Krita и др.

К их преимуществам можно отнести:

- Возможность создавать изображение любой сложности – с огромным количеством деталей и широкой цветовой гаммой.
- Растровые изображения являются наиболее широко распространенными.
- Работать с растровой графикой проще, так как механизмы ее создания и редактирования более просты и интуитивны.

Недостатки графических редакторов растровой графики:

- Большой занимаемый объем памяти: чем больше «размер» изображения, тем больше в нем пикселей и, соответственно, тем больше места нужно для хранения/передачи такого изображения.

- Невозможность масштабирования: растровое изображение невозможно масштабировать без потерь качества. При изменении размера оригинального изображения неизбежно (в результате процесса интерполяции) произойдет потеря качества.

В отличие от растровых, векторные изображения состоят уже не из пикселей, а из множества опорных точек и соединяющих их кривых. Векторное изображение описывается математическими формулами и, соответственно, не требует наличия информации о каждом пикселе. Сколько ни увеличивай масштаб векторного изображения, пикселей не увидишь.

Самые популярные векторные форматы:

- SVG (Scalable Vector Graphics – масштабируемая векторная графика) – язык разметки масштабируемой векторной графики, предназначенный для описания двумерной векторной и смешанной векторно/растровой графики в формате XML;

- WMF (Windows MetaFile) – универсальный формат векторных графических файлов для Windows приложений. Используется для хранения коллекции графических изображений Microsoft Clip Gallery;

- EPS (Encapsulated PostScript) – расширение формата PostScript, данные в котором записываются в соответствии со стандартом DSC (Document Structuring Conventions), но при этом с рядом расширений, позволяющих использовать этот формат как графический;

- PDF (Portable Document Format) – кроссплатформенный формат электронных документов, созданный фирмой Adobe Systems с использованием ряда возможностей языка PostScript. В первую очередь предназначен для представления в электронном виде полиграфической продукции.

Векторная графика используется для иллюстраций, иконок, логотипов и технических чертежей, но сложна для воспроизведения фотореалистичных изображений.

Самые популярные редакторы векторной графики: различные САПР, Inkscape; OpenOffice.org Draw; Skencil (бывший Sketch); sK1 (форк Skencil); Sodipodi; Xara Xtreme for Linux; Adobe Illustrator; CorelDRAW; Macromedia FreeHand; Xara Xtreme; Strokes Maker и др.

Преимущества редакторов векторной графики:

- Малый объем занимаемой памяти – векторные изображения имеют меньший размер, так как содержат в себе малое количество информации.

- Векторные изображения отлично масштабируются – можно бесконечно изменять размер изображения без потерь качества.

Недостатки:

- Чтобы отобразить векторное изображение, требуется произвести ряд вычислений, соответственно, сложные изображения могут требовать повышенных вычислительных мощностей.

- Не каждая графическая сцена может быть представлена в векторном виде: для сложного изображения с широкой цветовой гаммой может потребо-

ваться огромное количество точек и кривых, что сведет на нет все преимущества векторной графики.

- Процесс создания и редактирования векторной графики отличается от привычной многим модели – для работы с вектором потребуются дополнительные знания.

Следует отметить, что для получения геометрически точных моделей с высококачественной визуализацией зачастую требуется объединение возможностей графических редакторов векторной и растровой графики.

Рассмотрим эту технологию на наиболее распространенной в инженерной практике связке – AutoCAD и 3Ds Max.

Обе программы выпущены компанией Autodesk, а, следовательно, имеют встроенный функционал импорта файлов из одной системы в другую.

Тем не менее интернет-форумы регулярно пополняются сообщениями о произошедших ошибках, неправильно перенесенных или вовсе не открывшихся моделях. Этому могут послужить различные причины:

1. Некорректные имя и формат файла.

Имя файла предпочтительно должно быть на латинице. Оптимально при сохранении формат \*.DWF – он всегда распознается 3Ds Max и никогда не вызывает проблем с импортом.

2. Базовые настройки.

При импорте проекта 3Ds Max открывает окно настроек с множеством параметров – именно с их помощью решается большая часть проблем искаженной интеграции:

- Rescale – параметр масштабирования;
- Maximum surface deviation for 3D solids – параметр заострения скругленных концов;
- Derive AutoCAD primitives by – выбор варианта импорта;
- Geometry options – раздел настройки параметров геометрии;
- Weld nearby vertices – спаивание соседних вершин;
- Auto-smooth adjacent faces – автосглаживание смежных граней с общим ребром;
- Orient normal of adjacent faces consistently – упорядочивание ориентации граней из центра наружу;
- Cap closed splines – отображенные в проекте AutoCAD замкнутые контуры после импорта преобразуются в объемные объекты.

Также большой интерес и практическую пользу представляют вопросы перехода из растровой графики в векторную. Существует два способа перехода из растра в вектор: первый – это трассировка (процесс, когда компьютер автоматически распознает контрастирующие части изображения и чертит предполагаемые векторы), второй – это ручная отрисовка (компьютер может неверно видеть, как должен проходить вектор, и тогда приходится его рисовать вручную).

Так, в AutoCAD Raster Design нет единого решения для автоматического преобразования растровых изображений в векторные. Однако можно воспользоваться инструментами векторизации (VTools) для преобразования растровых форм в векторные. Эти инструменты позволяют отслеживать существующие растровые формы, что дает возможность точно преобразовать растровые изображения в векторные объекты AutoCAD.

В рамках научной работы нами были изучены основные возможности реалистичной визуализации трехмерных моделей в AutoCAD на примере модели реальных объектов (рисунок 1) [1].



**Рисунок 1. – Пример фотореалистичной визуализации в AutoCAD**

Текстуры для объектов были выбраны из библиотеки материалов AutoCAD. Для табурета выбрана текстура паркета из дерева андироба с лаковым полуматовым покрытием и рельефным узором, который передает натуральную фактуру дерева. Для ножек стула выбрана текстура белого дуба, также с полуматовым лаком и рельефным узором. На поверхность пола была наложена текстура паркета из коричневого лакированного дуба. К стакану применили текстуру стекла с учетом его преломляющей и отражательной способности.

Очевидно, что хоть полученное изображение и является достаточно наглядным, но для достижения фотореалистичности необходимо дополнительно использовать графические системы растровой графики.

Полученная 3D-модель с учетом изученных нюансов была импортирована нами в 3Ds Max, где было получено более сложное с точки зрения текстур и материалов, освещения и фотореалистичности высококачественное изображение (рисунки 2 и 3) [2, 3].

Для этого нами были изучены основные возможности этой графической системы для получения реалистичного рендера.

Очевидно, что визуализация – это творческий процесс, требующий большого количества специальных знаний, опыта и навыков. Усложнение трехмерных моделей, использование полигонального моделирования, изучение возможностей программы по моделированию параметров света и тени, реализация сцен и панорам будет являться предметом наших дальнейших исследований.





**Рисунок 2 – Пример 1 фотореалистичной визуализации в 3Ds Max**



**Рисунок 3 – Пример 2 фотореалистичной визуализации в 3Ds Max**

#### **Список цитированных источников**

1. Хейфец, А.Л. Инженерная 3D-компьютерная графика : учеб. пособие для бакалавров / А.Л. Хейфец, А.Н. Логиновский, И.В. Буторина, В.Н. Васильева ; под ред. А.Л. Хейфеца. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2017. – 464 с.
2. Горелик, А.Г. Самоучитель 3ds Max 2018 / А.Г. Горелик. – СПб.: БХВ-Петербург, 2018. – 528 с.
3. YouTube-канал «3D School Gripinsky» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/user/gripinsky>. – Дата доступа: 20.04.2020.

УДК 691.87

**Головий Н. В.**

**Научный руководитель: Бочарова Н. В.**

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА, РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ И ОПТИМИЗАЦИЯ В ПРОГРАММЕ SOLIDWORKS**

**Введение.** Задача проектирования – создание машины, отвечающей потребностям народного хозяйства, дающей наибольший экономический эффект и обладающей высокими технико-экономическими показателями. Основные тенденции современного машиностроения: повышение быстроходности и мощности машин, их автоматизация, автоматизация производственных процессов за счет использования станков с числовым программным управлением (ЧПУ), робототехнических комплексов и гибких автоматизированных производственных систем (ГАПС) [3].



Целью этой работы является рассмотрение современных и технологичных методов проектирования и расчёта узла, оценка полученных результатов и подбор оптимальных параметров кронштейна. Создание трёхмерной модели сборочного узла кронштейна, выполнение статического расчёта в SolidWorks Simulation, для чего необходимо выполнение следующих шагов: задание материала кронштейна, задание креплений в местах закрепления кронштейна, задание контактов компонентов в местах их соединений, задание нагрузки 20кН на основание кронштейна.

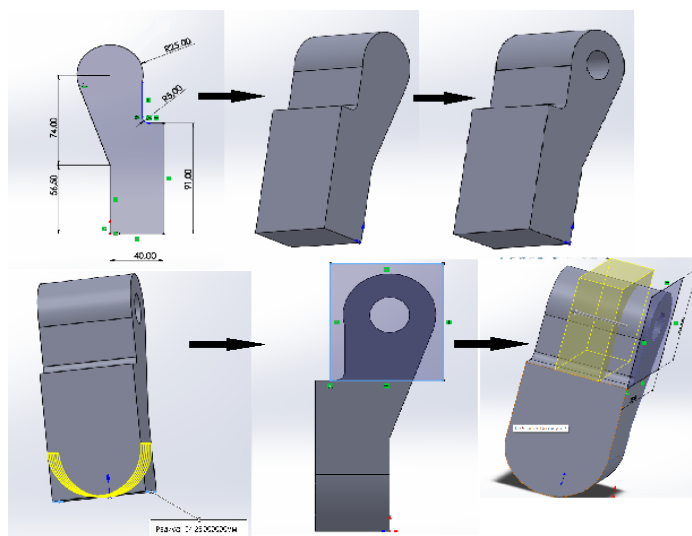
Программный комплекс SolidWorks позволяет построить трёхмерную твердотельную параметрическую модель сборочного узла и выполнить статический расчёт в SolidWorks Simulation.

К кронштейну, как к законченной сборочной единице, предъявляются следующие требования: прочность, жёсткость, виброустойчивость, надёжность, технологичность. Эти требования называются критериями работоспособности [2].

- Прочность – способность сопротивляться нагрузкам, не разрушаясь и не имея при этом больших пластических деформаций. Это один из главных критериев.
- Жёсткость – это способность детали сопротивляться изменению формы под действием сил.
- Виброустойчивость. Вибрация вызывает дополнительные переменные напряжения и приводит к усталостному разрушению деталей. Особенно опасными являются резонансные колебания.
- Надёжность – свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя значения установленных эксплуатационных показателей в определённых пределах.
- Технологичность – одна из комплексных характеристик сборочного узла, которая выражает удобство его производства, ремонтпригодность и эксплуатационные качества.

### Проектирование детали и сборочного узла в SOLIDWORKS [1]

Создание узла разделим на несколько этапов создания каждой детали. Рассмотрим на примере вилки. Для этого выполняется создание эскиза на плоскости, затем по эскизу создаётся объёмная модель вилки при помощи инструмента «вытянутая бобышка», выполняется скругление основной части детали, используя инструмент «вытянутый вырез», вырезается отверстие будущих петель и часть твёрдого тела.



**Рисунок 3 - Создания трёхмерной параметрической модели детали «вилка»**

Таким образом выполняется проектирование остальных деталей сборочного узла – основание, стойка, ребро, проушина, заклёпки, штифты. Моделирование сборочного узла кронштейна выполняется путём сборки деталей в следующей последовательности: выбирается основание как фиксированная деталь, остальные детали добавляются как компоненты сборки, и, используя инструмент «условия сопряжения», детали фиксируются относительно основания, добавляется сварной шов.

**Расчет на прочность.** Для расчета на прочность будет использоваться программный комплекс SolidWorks Simulation.

Использование SolidWorks Simulation даёт возможность быстро и точно получить развёрнутый анализ узла, детали, сборки. Имеется возможность проработки разных вариантов эксплуатации, нагружения, закрепления, контакта компонентов узла. Это даёт возможность определить наиболее подходящий материал деталей, размеры конструктивных элементов, варианты крепёжных элементов, а также при расчёте оптимизировать характеристики узла. Возможность получить визуализированные эпюры напряжений, перемещений, деформаций позволяет наиболее точно определить места опасных сечений, изменить характеристики узла на стадии проектирования, без затрат на изготовление и испытание опытных образцов.

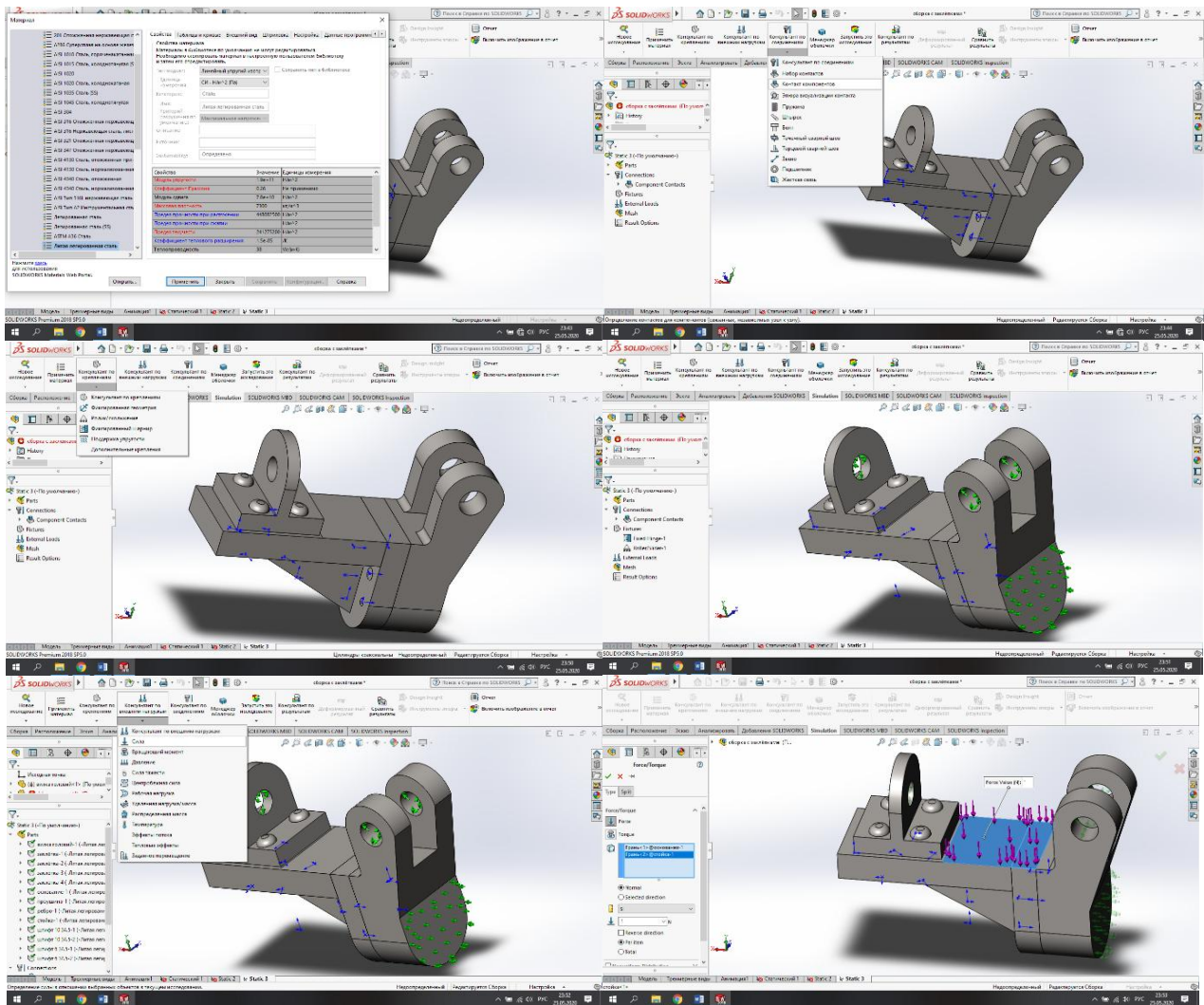
Для расчёта на прочность в SolidWorks Simulation необходимо последовательное выполнение основных шагов:

1. Задаётся материал деталей узла. Для выбранного кронштейна – это литая легированная сталь.
2. Задаётся набор контактов компонентов, которые указываются в разделе «контакт компонентов».
3. Определяются виды и места креплений узла (ограничений). В данном случае «фиксированный шарнир» для цилиндрических отверстий вилки и проушины, и «ролик/скольжение» для задней поверхности вилки, достаточные фиксирующие ограничения, чтобы стабилизировать модель.
4. Прикладывается внешняя нагрузка – сила, равная 20 кН, указываются поверхности, воспринимающие нагрузку. Для рассматриваемого кронштейна – это часть поверхности основания, отделённая линией разъёма, и часть поверхности вилки.
5. Строится сетка для исследования. Создание сетки зависит от активных параметров формирования сетки.
6. Запускается исследование на статику.

Данные шаги представлены на рисунке 2.

После расчёта определяются эпюры напряжений, деформаций, перемещений и запаса прочности, эти результаты отображены на рисунке 3. По этим данным оценивается несущая способность рассматриваемого узла, делаются выводы о пригодности данной трехмерной твердотельной параметрической модели кронштейна к производству.

В результате проведённого расчёта сделаны выводы, что по эпюре напряжений максимальные напряжения в модели не превышают предела текучести материала, работа конструкции не выходит за зону упругости материала. По эпюре перемещений – перемещения под нагрузкой малые, не превышают допустимых значений. Эпюра деформаций показывает, что материал имеет достаточную жёсткость, чтоб выдержать заданную нагрузку. Коэффициент запаса прочности проектирования поможет определить прочность конструкции, он должен быть больше 1.



**Рисунок 2 – Задание граничных условий для проведения статического расчёта**

На эпюре запаса прочности видно, что коэффициент запаса прочности составляет 1,5 и может быть откорректирован в автоматическом режиме, такую возможность предоставляет комплекс SolidWorks Simulation, используя инструмент «исследования проектирования». По цветовой диаграмме запаса прочности можно определить места, где коэффициент запаса прочности слишком большой и имеется возможность провести оптимизацию по массе, выполнив скругления углов детали в этих местах. Это значительно уменьшает затраты на материал в серийном производстве, а также уменьшает нагрузку на деталь за счёт её же массы.

После выполнения статического расчёта и получения необходимого запаса прочности можно перейти к расчёту усталостной прочности, который подразумевает действие циклической нагрузки. Это необходимо для того, чтобы проверить, выдержит ли данная конструкция заданное количество циклов нагружения.

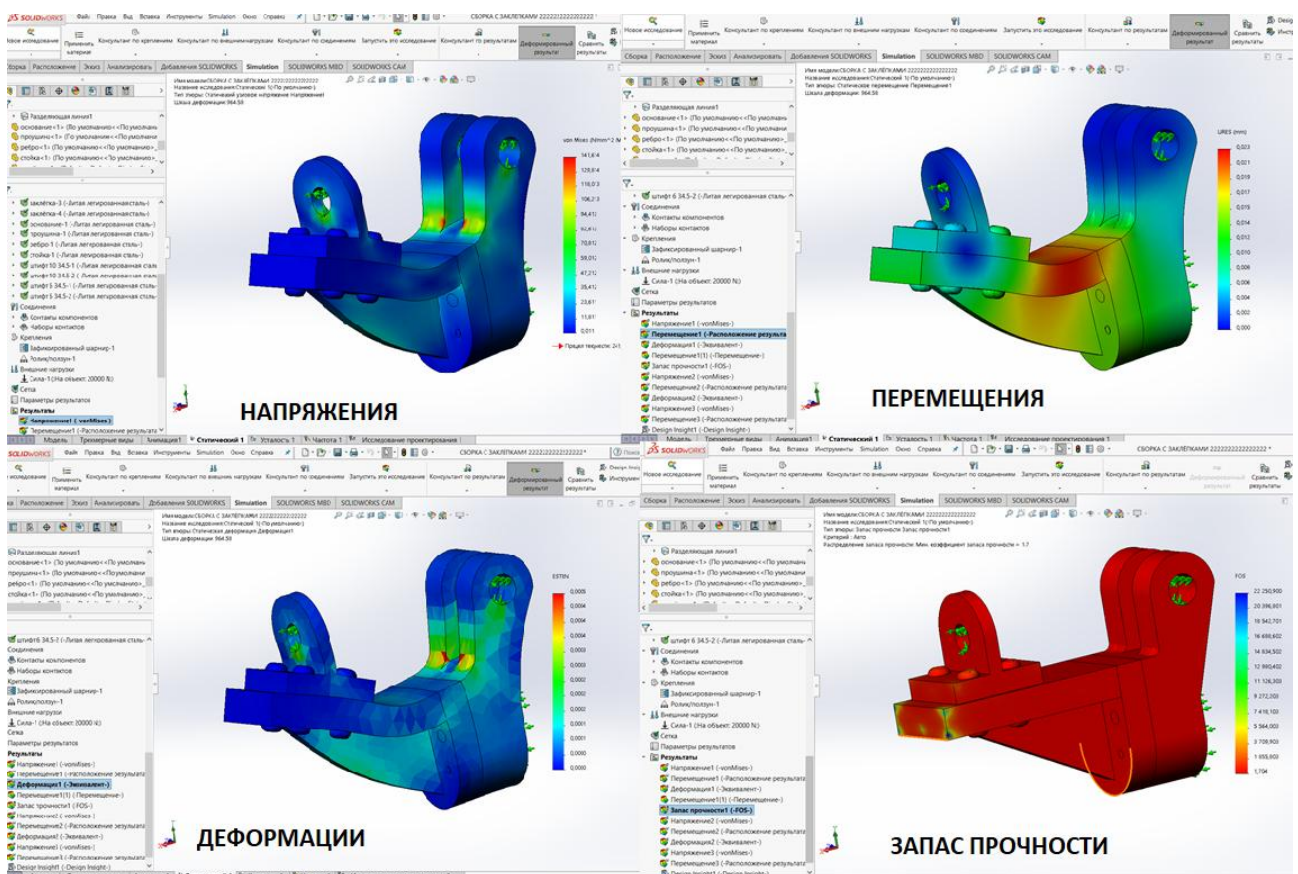
Нагрузки, циклически изменяющиеся во времени по величине или по величине и по знаку (в данном случае нагрузки будут изменяться по синусоидальному закону в пределах от 0 до 1), могут привести к разрушению конструкции при напряжениях, существенно меньших, чем предел текучести (или предел прочности). Такое разрушение принято называть «усталостным». Усталостное разрушение – процесс постепенного накопления повреждений под действием



переменных напряжений, приводящий к изменению свойств, образованию трещин, их развитию и разрушению детали.

По результатам проведённого исследования, показанным на рисунке 3, становится видно, что данная деталь даже в самых опасных местах может выдержать достаточное количество циклов нагружения. Этот результат также можно корректировать путём оптимизации в автоматическом режиме, как и в случае с коэффициентом запаса прочности.

Следующим шагом в разработке сборочного узла является частотный анализ. Каждая конструкция имеет тенденцию вибрировать на определенных частотах, называемых собственными или резонансными частотами. Каждая частота собственных колебаний ассоциируется с определенной формой, называемой формой колебаний, которую модель стремится принимать при вибрировании на этой частоте. Когда конструкция должным образом возбуждена динамической нагрузкой на частоте, которая совпадает с одной из ее собственных частот, конструкция подвергается большим перемещениям и напряжениям. Настоящее явление называется резонансом. Частотные исследования в SolidWorks Simulation могут помочь избежать резонанса. Собственные частоты детали должны быть больше 1 – 30 Hz, большие частоты гарантируют нормальную работу системы. В ходе проектирования необходимо избегать внешних частот, совпадающих с рассчитанными собственными частотами.



**Рисунок 3 – Результаты проведённых исследований**

**Вывод.** В ходе проведения данной исследовательской работы выполнена оценка несущей способности, получена методика проектирования и расчёта узла, оптимизация параметров и характеристик модели. Разработанный алгоритм может быть применён в серийном производстве деталей машин и кон-

струкций. Он позволяет произвести расчёт узлов для заданных типов нагрузений, минуя стадию производства и практического испытания опытных образцов. SolidWorks, – современное решение для автоматизации конструкторской и технологической подготовки производства, система создает удобную интегрированную среду трехмерного проектирования, охватывая все стадии разработки продукции, использование системы автоматизированного проектирования направлено на повышение технико-экономического уровня проектируемых объектов, сокращения сроков, уменьшения стоимости и трудоемкости их проектирования и изготовления.

#### **Список цитированных источников**

1. Дударева, Н.Ю. SolidWorks 2009 для начинающих / Н.Ю. Дударева. - М.: Книга по Требованию, 2013. - 448 с.
2. Водопьянов, В.И. Курс сопротивления материалов с примерами и задачами / В.И. Водопьянов, А.И. Савкин, О.В. Кондратьев – ВолгГТУ. : Волгоград, 2012. – 136 с.
3. Кокорев, И.А. Курс деталей машин: учеб. пособие / И.А Кокорев, В.Н. Горелов. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2017. - 287 с.

УДК 624.21.03

**Данилов Д. В.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Дедок В. Н.**

### **ОСОБЕННОСТИ ДЕФЕКТОВ МАЛЫХ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ**

**Введение.** Целью Государственной программы по развитию и содержанию автомобильных дорог на 2017–2020 годы [1], является улучшение качественных показателей автомобильных дорог общего пользования. Протяженность автомобильных дорог общего пользования Республики Беларусь составляет 87 тысяч км. На долю республиканских автомобильных дорог приходится 18,4 % (16.0 тыс. км) и 81,6 % (71.0 тыс. км) – на долю местных автомобильных дорог.

Парк мостовых сооружений составляет 5171 сооружение общей длиной свыше 165 тысяч погонных метров. Из них 2149 (83.997 погонных метра) – на республиканских автомобильных дорогах и 3022 (81003 погонных метра) – на местных автомобильных дорогах.

Государственной Программой за 2017-2020 на местных дорогах предусмотрено выполнить капитальный ремонт 627,6 пог. метра мостов и путепроводов, текущий соответственно 1589 пог. метров, предусматривается реконструировать и возвести 718,3 пог. метра мостов и путепроводов.

В настоящее время практикуется увеличение сроков службы дорожно-мостовых сооружений без капитального ремонта, что увеличивает старение материалов элементов их конструкций и увеличивает затраты на ремонт. Особую тревогу вызывает состояние мостовых сооружений. На каждые 20,6 км местных дорог приходится один мост и 19 водопроводных труб. Из 3034 мостовых сооружений на местных автомобильных дорогах не соответствуют нормативным требованиям 1954 моста, или более 64 %.

В связи с ростом транспортных нагрузок более 90 % всех мостов и путепроводов не соответствуют требованиям нормативов по выносливости. Любой мост при больших нагрузках, вызывающих дефекты элементов конструкций, требует постоянного осмотра и своевременного ремонта. Основное количество мостовых сооружений в республике строилось в 60-70-е годы прошлого века по нормативным документам, действовавшим в то время. Если рассмат-

ривать такие основные эксплуатационные характеристики сооружений, как грузоподъемность, габарит и допустимая скорость движения, то в настоящее время не соответствуют нормативным требованиям 45 % мостов на местных автомобильных дорогах, в том числе с несоответствием по габариту – 21 %.

Для выявления дефектов элементов конструкций, в соответствии с требованиями действующей нормативной документацией [2, 3], были выполнены диагностика и обследования ряда мостов и установлены причины возникновения повреждений. Появление дефектов, а вслед за ними – и преждевременный выход из строя малых мостов имеют многочисленные причины. Далее рассмотрены важнейшие из них.

**Основная часть.** Схемно-конструктивное построение малого моста не имеет отличий от большого, они построены по единому принципу. Конструирование малых мостов выполняют «по единому образу и подобию» со средними и большими. Технические решения из области «большого» мостостроения механически переносятся в малое. Малый мост является по существу уменьшенной копией большого. При уменьшении длины пролетов примерно в 10 раз на малых мостах, во столько же относительно увеличивается число опор и деформационных швов (ДШ).

**Опоры и опорные части.** Наиболее распространенными на малых мостах являются свайные однорядные опоры с монолитным железобетонным ригелем. Опоры состоят из забивных железобетонных свай без предварительного напряжения арматуры поперечным сечением 300×350 мм. Сваи по верху объединяются в работу с помощью монолитного железобетонного ригеля с прямоугольным поперечным сечением, в отдельных случаях ригеля выполняются переменной высоты с целью создания поперечного уклона на мосту.

Устройство массивных опор нерациональны в малом мостостроении, где вертикальные нагрузки значительно меньше, а поперечные нагрузки в виде ветровой и ледовой практически отсутствуют. Наличие массивных опор в отдельных мостах является результатом прямого подражательства «старшему брату – большим мостам».

К чаще всего встречающимся дефектам опор малых мостов относятся следующие: – просадки промежуточных опор; – отклонения свай от вертикали и от оси свайного ряда; – несоответствие шага свай в поперечном направлении решению типового проекта; – сколы бетона, коррозия поперечной арматуры; – размораживание бетона в уровне колебания меженных вод; – вертикальные, в том числе и силовые, трещины в бетоне насадок, размораживание бетона, сколы бетона; – замокание, выщелачивание, замшелость насадок опор.

На малых мостах в большинстве случаев отсутствуют опорные части, опирание плит пролётных строений производится через подкладки из рубероида. На мостах постройки 1950-х гг. даже при установке железобетонных балок длиной 11,36 м опорные части не применяли, их заменяли те же подкладки из 2-3 слоев рубероида. Иногда, по аналогии с большими, под пролётные строения устанавливают опорные части.

С начала 1960-х гг. наиболее широкое применение находят РОЧ. Принципиальные возможности РОЧ исключительно велики: они помогают изменить статическую схему моста и обеспечить все необходимые деформации опор и пролётных строений. Однако необходимости в них на малых пролетах практически нет. И тем не менее в настоящее время установка даже 6-метровых пролётных строений предусмотрена на РОЧ.

Состояние опорных частей, по результатам выполненных разными организациями исследований, остается практически неизвестным. Следствием раз-

рушения РОЧ является, как правило, нерасчетная работа опор и пролетных строений и их преждевременный выход из строя.

Наряду с РОЧ на малых мостах находят применение металлические опорные части. По аналогии с большими мостами они бывают подвижные и неподвижные. При этом происходит одностороннее перемещение одного из торцов пролетного строения в сторону подвижной опорной части. Такое размещение опорных частей является неоправданным для малых пролетов. Поскольку уход за металлическими опорными частями в процессе эксплуатации отсутствует, это приводит к их коррозии, засорению и сдвигке и, в конечном счете, к нерасчетной работе различных элементов моста.

**Плитные пролётные строения.** Конструктивные элементы малых мостов часто являются грубыми аналогами таких же элементов больших мостов, проигрывая при этом в качестве. «С оглядкой» на коробчатые пролетные строения больших мостов в них были созданы пустотные железобетонные плиты. Пустотные плиты длиной от 6 до 18 м (типовой проект инв. № 384/43, вып. 16, сер. 3.503-12, 1973 г.; инв. № 34410-М, 1990 г. и др.) имеют полости, которые, в отличие от коробчатых пролетных строений больших мостов, недоступны для осмотра. Полости выходят на торцы, и в них попадает вода через разрушенные деформационные швы. Вода скапливается в пустотах и в случае провисания плит. Отсутствие в плитах дренажных отверстий, малая толщина защитного слоя вызывают коррозию арматуры.

Другим, также достаточно часто встречающимся решением являются плитно-ребристые пролётные строения из плит П-образного сечения применительно к типовому проекту выпуск 3.503-29 «Сборные железобетонные плитные мосты пролетами 6.0 и 9.0м на свайных опорах».

Для объединения плит в единое пролетное строение на боковых гранях плит выполнены пазы, которые на монтаже заполняют раствором, чтобы сформировать шпонку. В процессе эксплуатации шпонки расшатываются, поскольку, не имея жесткой связи между собой, плиты подвержены поперечной раздвижке. Это требует устройства упоров для них на ригелях опор.

Наиболее характерными дефектами плит пролётных строений являются:

- замокание, выщелачивание, разрыхление бетона и, как следствие, снижение его прочности и разрушение;
- продольные коррозионные трещины вдоль рабочей арматуры, отслоение защитного слоя бетона вследствие смещения арматурных стержней к наружным граням плит;
- массовое коррозионное повреждение рабочей арматуры плит, отсутствие сцепления арматуры с бетоном;
- повреждение бетона растянутой зоны в виде сколов, растрескивания.

В силу отмеченных дефектов срок эксплуатации плит пролётных строений составляет в основном от 17 до 25 лет.

**Деформационные швы.** Деформационные швы (ДШ) являются важным элементом мостового сооружения. Их устанавливают на мостах, путепроводах и эстакадах в сопряжениях пролетных строений между собой или с устоями, где проектом предусмотрены разрывы мостового полотна.

Рассмотреть многочисленные конструкции отечественных и зарубежных ДШ практически не возможно, количество их конструктивных решений насчитывает более сотни. Среди зарубежных ДШ, использованных в транспортном строительстве последних лет, наиболее распространены Maurer Sohne, Waboflex, Serviflex, Wabocrete, BEJ, Maurer - Betoflex, Thormajoint и др. Можно выделить следующие основные группы ДШ, имеющих в пределах группы сходный перечень достоинств и недостатков:



- ДШ закрытого типа;
- щебеночно-мастичные ДШ;
- ДШ заполненного типа;
- ДШ с упругим компенсатором;
- ДШ перекрытого типа.

Причины быстрого выхода ДШ из строя разнообразны. К основным из них следует отнести:

- недостатки конструкции (их имеет каждый из перечисленных типов ДШ);
- недостатки проектов привязки ДШ, применение их не по назначению;
- недостаточное качество строительно-монтажных работ;
- повышение интенсивности движения автотранспорта, которое приводит к образованию колеи, вследствие чего возрастает динамическое воздействие на ДШ. Это является причиной разрушения почти трети ДШ;
- неграмотное содержание.

Практика применения ДШ свидетельствует, что грамотный технический уход за ДШ во время эксплуатации моста отсутствует. Это приводит к их засорению. ДШ перестают воспринимать деформации пролетных строений, что негативно влияет на кинематическую схему работы сооружения в целом. В результате ДШ остаются наиболее уязвимым элементом моста.

Все это непосредственно отражается на долговечности мостовых сооружений. Часто ДШ выходят из строя практически сразу же после сдачи моста в эксплуатацию. В любом случае срок их функциональной деятельности намного ниже нормативного срока эксплуатации сооружения.

Затраты на ремонт ДШ не дают должного эффекта, так как ремонтные работы всегда проводятся в условиях дефицита времени, помех со стороны проходящего транспорта, невысокого и трудно контролируемого качества.

**Сопряжение с насыпью.** В конструкции устоев малых мостов сохраняются, как и в устоях больших мостов, шкафные стенки, ДШ, опорные части и устройства сопряжения с насыпями. При этом наличие шкафных блоков неизбежно ведет к увеличению массивности ригелей и опор в целом. Одна и та же конструкция устоев применяется в распорных мостах и мостах с опорами лежневого типа. Эта конструкция требует устройства ДШ на стыке с подходными насыпями.

Общность конструктивных решений для мостов всех классов (принцип конструктивного единообразия) приводит к тому, что при сооружении малых мостов почти не применяются конструкции, предназначенные именно для малого мостостроения. К ним относятся мосты с опорами лежневого типа (мосты с диванными устоями), рамные и арочные засыпные мосты.

К основным, наиболее часто встречающимся дефектам сопряжения моста с насыпью относятся: - отсутствие переходных плит; - отсутствие сопряжения тротуаров с подходами; - отсутствие ограждений на подходах к мосту; - несоответствие ширины земляного полотна подходов требованиям ТНПА.

**Заключение.** В результате многочисленных исследований, выполненных разными организациями, установлено, что срок службы малых мостов составляет от 17 до 25 лет, реже – 35...36 лет. Этот срок в 2...2,5 раза меньше чем для больших мостов. В силу низкой долговечности малые мосты чаще всего становятся барьерными объектами в сети автомобильных дорог. Для продления срока службы эксплуатации малых мостовых сооружений требуется обеспечить своевременное устранение дефектов снижающих грузоподъемность сооружений, для чего, с целью своевременного реагирования на возникающие проблемы в техническом состоянии конструкций, необходимо уменьшить срок периодических обязательных обследований малых мостов до 5 лет.

### **Список цитированных источников**

1. Государственная программа по развитию и содержанию автомобильных дорог в Республике Беларусь на 2017-2020 гг. [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Республики Беларусь 18.09.2017№699 // сайт Совета Министров Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www/government.by/rusolutions/3002>. – Дата доступа 04.05.2020.

2. Мосты автодорожные. Правила выполнения диагностики = Мосты аўтадарожныя. Правілы выканання дыягностыкі : ТКП 227-2018 (33200). – Введ. 01.06.2018 (с отменой на территории РБ – ТКП 227-2009 (02191). Минск : Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, 2018. – 114 с.

3. Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний = Мосты і трубы. Правілы абследавання і выпрабавання : ТКП 45-3.03-60-2009 (02250). – Введ. 18.09.2009. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2009. – 29 с.

УДК 699.844:692.526

*Дьякончук О. С., Головейко И. В.*

*Научный руководитель: Лапина А. И.*

## **ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ ДЕРЕВЯННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ**

Целью научной работы является обращение внимания на важность такой темы как звукоизоляция деревянных перекрытий. Несмотря на то, что деревянные дома строят уже многие тысячи лет, этот материал до сих пор не исчерпал свой потенциал. Микроклимат, свойственный только домам из дерева, делает их наилучшим вариантом для жизни человека. Но дерево имеет и ряд недостатков или, точнее, эксплуатационных особенностей, мириться с которыми соглашаются не все. И один из таких недостатков – это шум.

Шум – это всякий неприятный, нежелательный звук или совокупность звуков, мешающих восприятию полезных сигналов и нарушающих тишину, оказывающих вредное или раздражающее воздействие на организм человека, снижающих его работоспособность. Шум представляет собой механические колебания волновой природы [1, с. 2]. Шум бывает:

- Воздушный – шум, распространяющийся в воздухе;
- Структурный – шум, распространяющийся в твердых телах (конструкциях), и излучаемый ими в воздух [2, с. 2].;
- Ударный – шум, возникающий в помещении под перекрытием при воздействии звуковых волн на перекрытие [2, с. 2].

Преимущества деревянных перекрытий:

- Минимальная стоимость;
- Нагрузка на стены в 2-3 раза меньше, чем от панелей;
- На небольших пролетах (до 4 метров) деревянные балки можно укладывать вручную, используя простейшие приспособления (лебедку или подъемный блок);
- Низкая трудоемкость и высокая скорость работ (по сравнению с заливкой монолитного ж/б перекрытия);
- Экологичность.

Недостатки деревянных перекрытий:

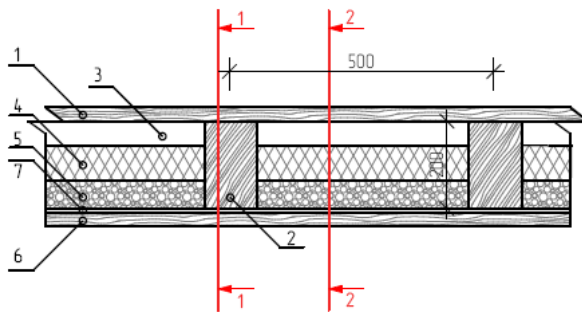
- Повышенная деформативность. Проявляется в эффекте вибрирования при хождении и образовании трещин в местах примыкания перегородок из гипсокартона;
- Низкая огнестойкость (без специальной пропитки);

- Относительно небольшая длина (не превышает 6 метров).
- Плохая звукоизоляция по сравнению с бетонными конструкциями вследствие небольшой массы.

Чтобы как можно лучше защитить помещение от шума, следует использовать так называемые плавающие полы с максимально возможным весом. Это могут быть большого размера деревянные элементы или древесные плиты (например, ламинированные доски или клееные доски). Необходимо обратить внимание на тщательную изоляцию плавающего пола у стен, что может привести в некоторых случаях к прохождению звука.

Основным нормативным документом, регламентирующим звукоизоляционные свойства строительных конструкций, является ТКП 45-2.04-154-2009 (02250) «Защита от шума. Строительные нормы проектирования». Примеры звукоизоляции деревянного перекрытия можно также рассмотреть подробно в книге Вальтера Блэзи «Справочник проектировщика-строительная физика» [3]. Некоторые из них приведены на рисунке 1.

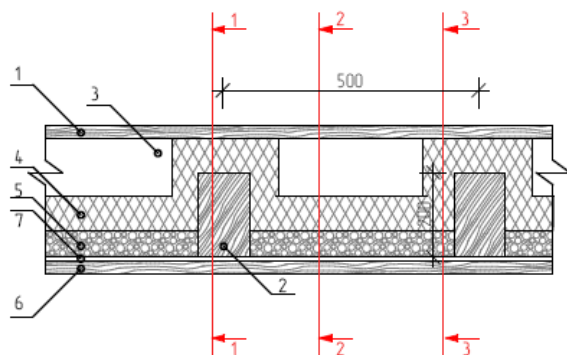
а)



25  
50  
50  
100  
25

а) 1-й вариант конструкции толщиной 250 мм,

б)



25  
50  
50  
100  
50  
25

б) 2-й вариант конструкции толщиной 300 мм,

в) 3-й вариант конструкции толщиной 350 мм,

1 – паркет из сосны,

2 – балка из сосны 100x200(h),

3 – воздушная прослойка,

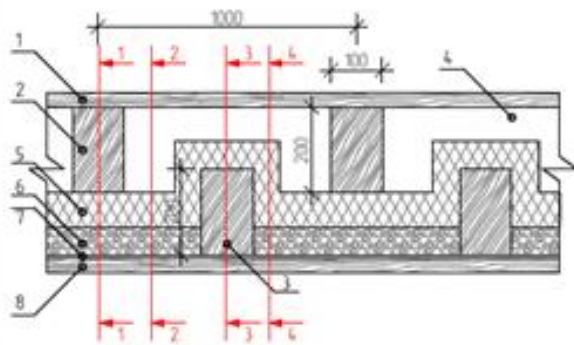
4 – минеральная вата,

5 – засыпка из песка,

6 – подшивка из сосновых досок,

7 – полиэтилен

в)



25  
50  
50  
200  
25

Рисунок 1 – Конструкция деревянного перекрытия

Для перекрытий наиболее актуальным является защита от ударного шума. Выполним необходимые расчеты для трех деревянных перекрытий с целью

определения наиболее эффективно изолирующего (рис. 1) по ТКП 45-2.04-154-2009 (02250) «Защита от шума. Строительные нормы проектирования» [1]. За основной звукоизоляционный материал возьмем минеральную вату  $\rho = 60$  кг/м<sup>3</sup> – 50мм и утяжеляющий материал - песок  $\rho = 1500$  кг/м<sup>3</sup> – 50мм для всех трех конструкций, шаг деревянный балок – 500 мм

Рассчитываем 1-й вариант конструкции деревянного перекрытия (рис. 1а).

Сечение 1-1.

Определяем индекс изоляции приведённого ударного шума по формуле [1, с. 22]:

$$L_{nw} = 135 - 10 \lg(\rho^{1.5} E^{0.5} h^3 \eta), \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность материала,  $E$  – модуль упругости Юнга,  $h$  – толщина конструкции,  $\eta$  – коэффициент потерь энергии.

Индекс ударного шума равен:

$$L_{nw1-1} = 135 - 10 \lg(500^{1.5} \cdot (11.7 \cdot 10^9)^{0.5} \cdot 0.25^3 \cdot 0.08) = 73.2 \text{ дБ}, \quad (2)$$

Сечение 2-2.

Определяем коэффициент жесткости минеральной ваты по формуле [1, с. 23]:

$$k_1 = \frac{E_{дин}}{d} = \frac{1.3 \cdot 10^5}{0.05} = 2.6 \cdot 10^6 \text{ Па}, \quad (3)$$

где  $E_{дин}$  – динамический модуль упругости прослойки,  $d$  – толщина упругой прослойки.

Определяем коэффициент жесткости воздушной прослойки по формуле [1, с. 23]:

$$k_2 = \frac{E_{дин}}{d} = \frac{1.4 \cdot 10^5}{0.1} = 1.4 \cdot 10^6 \text{ Па}, \quad (4)$$

где  $E_{дин}$  – динамический модуль упругости воздуха,  $d$  – толщина упругой прослойки.

Определяем коэффициент жесткости упругой прослойки:

$$k = \frac{k_1 \cdot k_2}{k_1 + k_2} = \frac{2.6 \cdot 10^6 \cdot 1.4 \cdot 10^6}{2.6 \cdot 10^6 + 1.4 \cdot 10^6} = 9.1 \cdot 10^5 \text{ Па}, \quad (5)$$

где  $k_1$  – коэффициент жесткости минеральной ваты,  $k_2$  – коэффициент жесткости воздушной прослойки.

Определяем поверхностную плотность упругого слоя [1, с. 4]:

$$m_0 = h \cdot \rho = 0.05 \cdot 60 = 3.00 \text{ кг/м}^2, \quad (6)$$

где  $\rho$  – плотность минеральной ваты,  $h$  – толщина минеральной ваты.

Определяем поверхностную плотность пола [1, с. 4]:

$$m_2 = h \cdot \rho = 0.025 \cdot 500 = 12.5 \text{ кг/м}^2, \quad (7)$$

где  $\rho$  – плотность сосны,  $h$  – толщина паркетной доски.

Определяем поверхностную плотность несущей части [1, с. 4]:

$$m_1 = h_1 \cdot \rho_1 + h_2 \cdot \rho_2 = 0.025 \cdot 500 + 0.05 \cdot 1500 = 87.5 \text{ кг/м}^2, \quad (8)$$

где  $\rho_1$  – плотность сосны,  $\rho_2$  – плотность песка,  $h_1$  – толщина подшивки,  $h_2$  – толщина засыпки.

Фактическое снижение уровня ударного шума полом на упругом основании зависит прежде всего от частоты собственных колебаний пола [1, с. 24]:

$$f_p = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m_2}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14} \sqrt{\frac{0.9 \cdot 10^5}{12.5}} = 47,1 \text{ Гц}, \quad (9)$$

где  $k$  – жёсткость упругого слоя,  $m_2$  – поверхностная плотность пола.

Определяем коэффициент соотношения поверхностную плотностей [1, с. 25]:

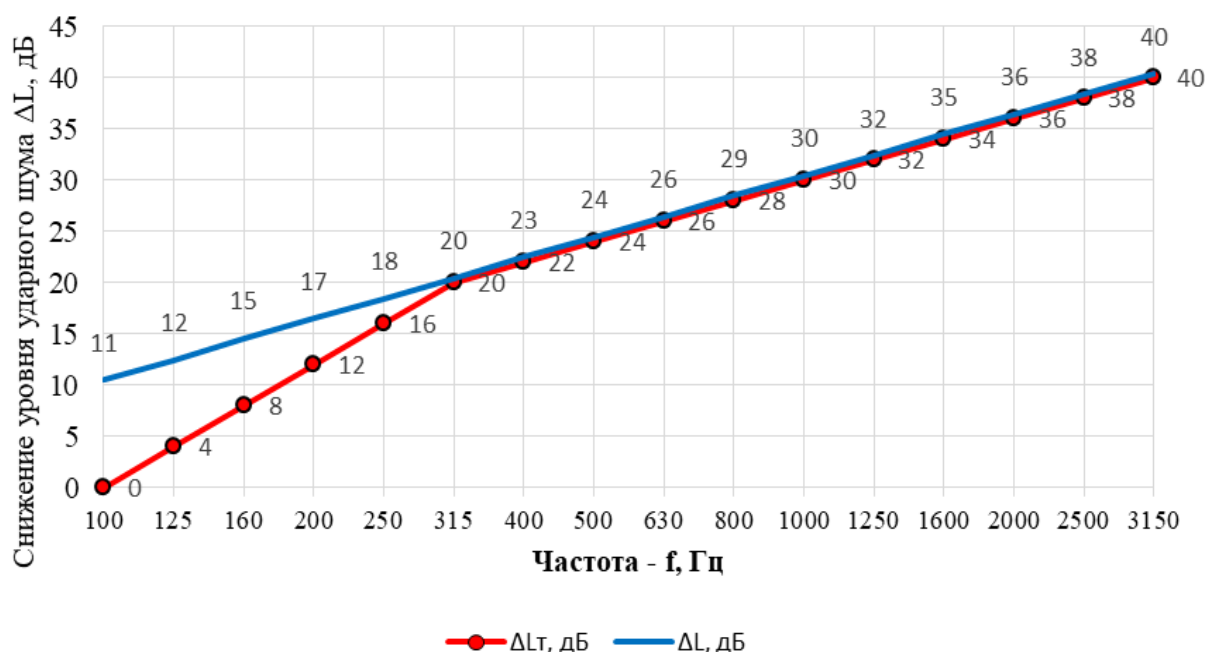
$$\lambda = \frac{m_1}{m_2} = \frac{87,5}{12,5} = 7, \quad (10)$$

где  $\rho_1$  – плотность воздуха,  $\rho_2$  – плотность минеральной ваты,  $h_1$  – толщина воздуха,  $h_2$  – толщина минеральной ваты.

Начиная со средних частот, в упругой прослойке возникают явления волновых совпадений, что снижает рост звукоизоляции с 12 до 6 дБ на октаву. Для определения точки изменения роста звукоизоляции на частоте резонанса откладывают ординату [1, с. 63]:

$$l = 10 \lg \frac{m_2}{m_0} - 3 = 10 \lg \frac{12,5}{3} - 3 = 3,23 \text{ дБ}, \quad (11)$$

Строим частотную характеристику фактического и требуемого снижения уровня ударного шума в соответствии с требованиями [1] (рис. 2)



**ΔL** – фактическое снижение уровня ударного шума,  
**ΔLт** – требуемое снижение уровня ударного шума

**Рисунок 2 – Определение индекса звукоизоляции ударного шума (рис 1а сечение 2-2)**

Определяем неблагоприятное отклонение фактической кривой снижения уровня ударного шума от требуемой на каждой третьоктавной частоте по формуле:

$$\delta_i = \Delta L_T + \Delta - \Delta L \geq 0, \quad (12)$$

где  $\Delta L_T$  – ордината кривой требуемого снижения уровня ударного шума на данной частоте,  $\Delta L$  – ордината кривой фактического снижения уровня ударного шума на данной частоте,  $\Delta$  – смещение кривой требуемого снижения уровня ударного шума.

Необходимое смещение кривой требуемого уровня ударного шума определяем из условия, чтобы среднее неблагоприятное отклонение не превышало 2дБ. Результаты расчетов сводим в таблицу 1.

**Таблица 1 – Определение среднего неблагоприятного при  $\Delta=3$  для конструкции 1**

f,	10	12	16	20	25	31	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
	0	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta L_T$	0	4	8	12	16	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
$\Delta L$	11	12	15	17	18	20	23	24	26	29	30	32	35	36	38	40
$\delta_i$	0	0	0	0	1	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	3

$$\sum \delta_i / 16 = 1.79 < 2$$

Индекс звукоизоляции от ударного шума определяем по формуле: [2, с. 19]:

$$L_{nw2-2} = 60 - \Delta = 60 - 3 = 57 \text{дБ}, \quad (13)$$

Общий индекс звукоизоляции от ударного шума 1-го варианта конструкции  $L_1$  вычисляется по формуле [1, с. 20]:

$$L_1 = L_{nw1-1} - 10 \lg \left( 1 + \frac{S_{1-1}}{S_{1-1} + S_{2-2}} \cdot (10^{0.1(L_{1-1} - L_{2-2})} - 1) \right), \quad (14)$$

где  $L_{1-1}$  – индекс звукоизоляции ударного шума по сечению 1-1,  $L_{2-2}$  – индекс звукоизоляции ударного шума по сечению 2-2,  $S_{1-1}$  – площадь по сечению 1-1,  $S_{2-2}$  – площадь по сечению 2-2.

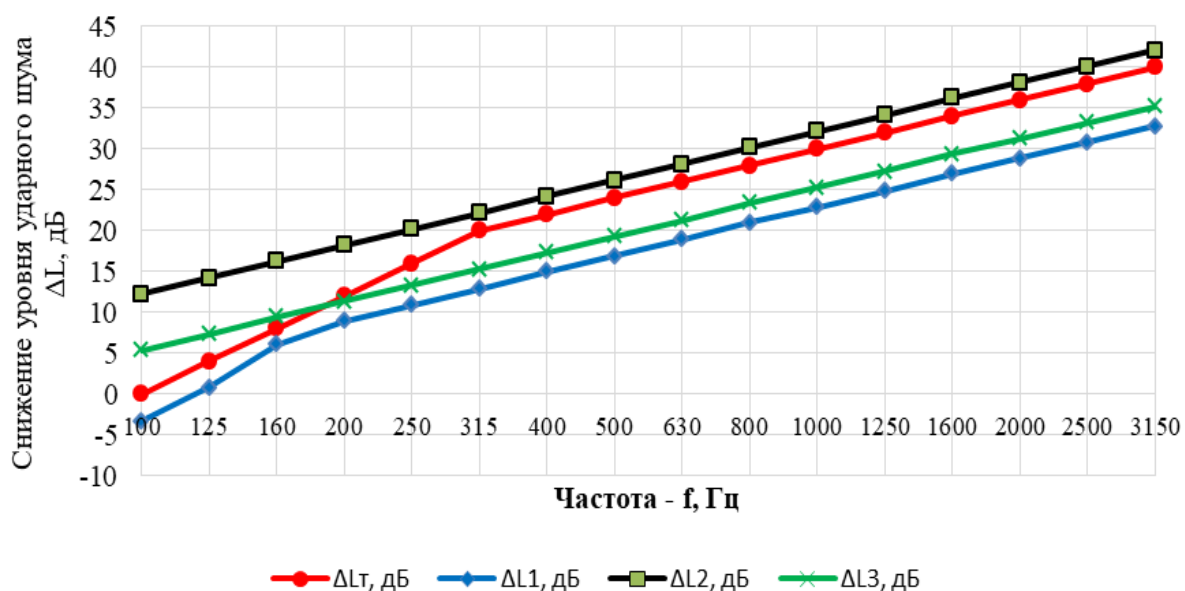
$$L_1 = 73,2 - 10 \lg \left( 1 + \frac{0.1 \cdot 0.2}{0.1 \cdot 0.2 + 0.4 \cdot 0.2} \cdot (10^{0.1(73,2 - 57)} - 1) \right) = 58 \text{дБ}, \quad (15)$$

Рассчитываем 2 вариант конструкции деревянного перекрытия (рис. 1б).

Расчет ведем аналогичным образом, результаты сводим в таблицу 2. Частотные характеристики снижения звукоизоляции от ударного шума для всех сечений конструкции представлены на рисунке 3.

**Таблица 2 – Расчет 2-го варианта конструкции деревянного перекрытия**

Сечение	k, Па/м	$m_0$ , кг/м <sup>2</sup>	$m_{1,2}$ , кг/м <sup>2</sup>	$m_{2,2}$ , кг/м <sup>2</sup>	f, Гц	$\lambda$	L, дБ	$\Delta$ , дБ	$L_{nw}$ , дБ
1-1	5,2E+06	3	112,5	12,5	102,7	9	3,20	-5	65
2-2	6,1E+05	3	87,5	12,5	35,2	7	3,20	5	55
3-3	7,4E+05	12	87,5	12,5	38,8	7	-2,82	-2	62



$\Delta L_1$  – фактическое снижение уровня ударного шума в сечении 1-1,  
 $\Delta L_2$  – фактическое снижение уровня ударного шума в сечении 2-2,  
 $\Delta L_3$  – фактическое снижение уровня ударного шума в сечении 3-3,  
 $\Delta L_t$  – требуемое снижение уровня ударного шума,

**Рисунок 3 - Определение индекса звукоизоляции ударного шума (рис. 1б)**

Общий индекс звукоизоляции от ударного шума для сечений 1-1 и 2-2 2-го варианта конструкции:

$$L_{12} = 65 - 10 \lg \left( 1 + \frac{0.1 \cdot 0.2}{0.1 \cdot 0.2 + 0.3 \cdot 0.2} \cdot (10^{0.1(65-55)} - 1) \right) = 56 \text{ дБ}, \quad (16)$$

Общий индекс звукоизоляции от ударного шума 2-го варианта конструкции:

$$L_2 = 62 - 10 \lg \left( 1 + \frac{0.1 \cdot 0.2}{0.1 \cdot 0.2 + 0.1 \cdot 0.2 + 0.3 \cdot 0.2} \cdot (10^{0.1(62-56)} - 1) \right) = 57 \text{ дБ}, \quad (17)$$

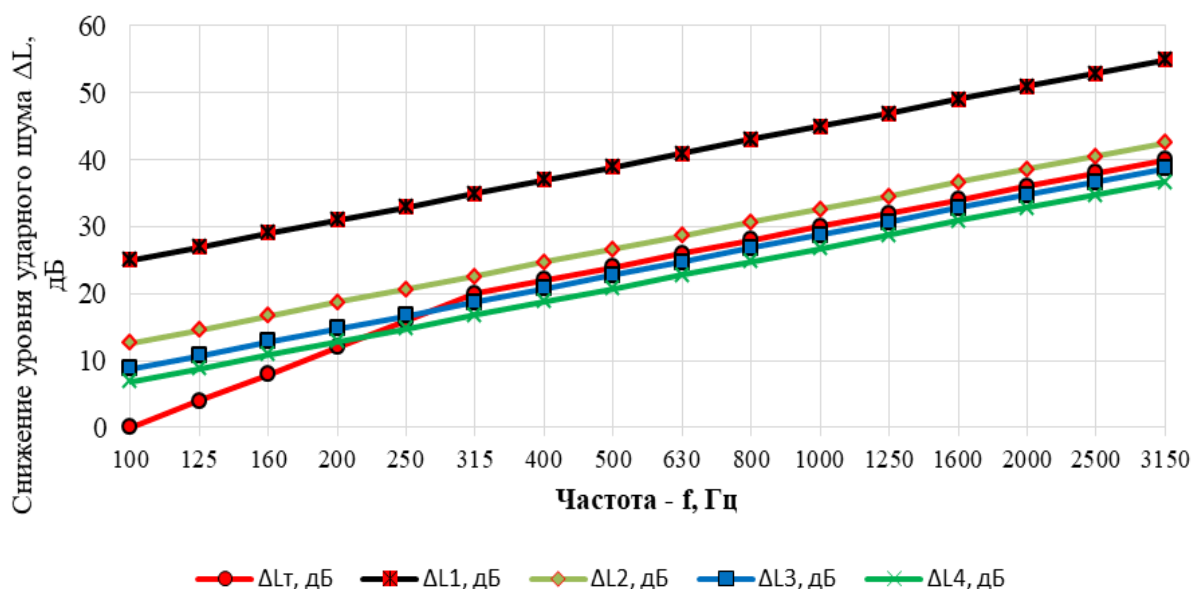
Рассчитываем 3 вариант конструкции деревянного перекрытия (рис.1в)

Расчет ведем аналогичным образом, результаты сводим в таблицу 3. Частотные характеристики снижения звукоизоляции от ударного шума для всех сечений конструкции представлены на рисунке 4.

**Таблица 3 – Расчет 3-го варианта конструкции деревянного перекрытия**

Сечение	k, Па/м	$m_{0,2}$ , кг/м <sup>2</sup>	$m_{1,2}$ , кг/м <sup>2</sup>	$m_{2,2}$ , кг/м <sup>2</sup>	f, Гц	$\lambda$	L, дБ	$\Delta$ , дБ	$L_{nw}$ , дБ
1-1	2,6E+06	3	87,5	112,5	24,2	0,78	12,74	17	43
2-2	5,5E+05	3	87,5	12,5	33,4	7	3,20	5	55
3-3	1,3E+06	3	112,5	12,5	52,3	9	3,20	1	59
4-4	5,3E+05	12	87,5	12,5	32,7	7	-2,82	-1	61





$\Delta L_1$  – фактическое снижение уровня ударного шума в сечении 1-1,  
 $\Delta L_2$  – фактическое снижение уровня ударного шума в сечении 2-2,  
 $\Delta L_3$  – фактическое снижение уровня ударного шума в сечении 3-3,  
 $\Delta L_4$  – фактическое снижение уровня ударного шума в сечении 4-4,  
 $\Delta L_t$  – требуемое снижение уровня ударного шума

**Рисунок 4 – Определение индекса звукоизоляции ударного шума (рис. 1в)**

Общий индекс звукоизоляции от ударного шума для сечений 1-1 и 2-2 3-го варианта конструкции:

$$L_{12} = 55 - 10 \lg \left( 1 + \frac{0.1 \cdot 0.2}{0.1 \cdot 0.2 + 0.7 \cdot 0.2} \cdot (10^{0.1(55-43)} - 1) \right) = 50 \text{ дБ}, \quad (18)$$

Общий индекс звукоизоляции от ударного шума для сечений 3-3 и 4-4 3-го варианта конструкции:

$$L_{34} = 61 - 10 \lg \left( 1 + \frac{0.1 \cdot 0.2}{0.1 \cdot 0.2 + 0.1 \cdot 0.2} \cdot (10^{0.1(61-59)} - 1) \right) = 60 \text{ дБ}, \quad (19)$$

Общий индекс звукоизоляции от ударного шума 3-го варианта конструкции:

$$L_3 = 60 - 10 \lg \left( 1 + \frac{0.2 \cdot 0.2}{0.2 \cdot 0.2 + 0.8 \cdot 0.2} \cdot (10^{0.1(60-50)} - 1) \right) = 51 \text{ дБ}, \quad (20)$$

**Вывод:** Расчеты трех вариантов конструкций деревянных перекрытий на звукоизоляцию ударного шума показали, что 3-й вариант наиболее эффективен, так как его индекс изоляции ударного шума составляет 51 дБ, что на 12 % ниже, чем у наиболее распространенных конструкции (вариант 1).

#### Список цитированных источников

1. Защита от шума. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-2.04-154-2009 (02250). – Введ. 14.10.2009. – Минск: Минстройархитектуры, 2010. – 78 с.
2. Конструкции здания и сооружения. Правила проектирования звукоизоляции и звукопоглощения: ТКП 45-2.04-127-2009 (02250). – Введ. 14.10.2009. – Минск: Минстройархитектуры, 2010. – 39 с.
3. Вальтера Блэзи. Справочник проектировщика. Строительная физика. Москва: Техносфера, 2019. – 480 с.

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И РЕКУПЕРАТОРЫ**

Целью настоящей работы является изучение системы энергосбережения и рекуперации.

В настоящее время используемые человечеством энергоресурсы постепенно иссякают, стоимость их добычи увеличивается, а нерациональное использование сказывается на экологии. Эффективное применение энергоресурсов за счет использования инновационных решений является ключом к решению этой проблемы. Только энергосбережение в любой сфере деятельности человека способно свести к минимуму бесполезные потери энергии, что сегодня является одним из приоритетных направлений. Значительно повысить эффективность использования любого вида энергии способны современные энергосберегающие технологии, применение которых несет достаточно реальные выгоды — это экономия энергии и затрат, связанных с ее использованием, а также поддержание необходимого экологического равновесия.

Проектирование и постройка энергосберегающих зданий является одним из наиболее важных вопросов в энергосберегающей политике каждой развитой страны. Проблема создания и эксплуатации современного здания состоит в том, что в большинстве случаев его создатели не учитывают идею энергосбережения. Создаваемые в здании климатические системы по-прежнему не соответствуют современным стандартам энергосбережения, стоимость эксплуатации которых в несколько раз превышает все вместе взятые затраты по уходу за зданием.

Главными направлениями повышения энергосбережения являются внедрение принципиально новых типов конструкций зданий, а также использование эффективных теплоизоляционных материалов. Речь идет как о современных методах строительства новых зданий жилого и производственного назначения, так и о комплексном переустройстве уже существующих зданий.

Изучаемая тема имеет очень высокую актуальность, так как от рациональности использования энергоресурсов напрямую зависит развитие и экономический успех любого государства. Новейшие энергосберегающие технологии в строительстве, помимо экономии финансовых ресурсов, открывают и принципиально новые возможности для снижения выбросов в атмосферу вредных веществ, которые образуются при обогреве и охлаждении зданий. Актуальность внедрения современных энергосберегающих технологий, по сути, сопоставима с непосредственным производством энергии.

### **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЗДАНИЯ**

Здания с максимальным использованием выделяемой внутри них тепловой энергии и максимальной защитой от потерь теплоты через наружные поверхности и вентиляцию называются энергосберегающими, энергоэкономичным или энергоэффективными.

Результатом дальнейшего развития концепции энергосбережения стало появление еще двух понятий: "пассивный" и "активный" дом.

Снижения температуры в пассивном доме удастся достичь в первую очередь за счет того, что дом максимально улавливает и сохраняет в жилом пространстве тепло, поступающее из окружающей среды и выработанное внутренними источниками, включая электролампы, бытовые приборы и даже проживающих в здании людей. Для этого постройка должна быть компактной, качественно утепленной, герметичной и правильно ориентированной по сторонам света. Обязательно применяют также систему приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией воздуха.

**Активный дом** не только тратит мало энергии, но и грамотно распоряжается тем незначительным ее количеством, которое потребляет. Главное – даже этим минимальным объемом активное здание в максимально возможной степени обеспечивает себя само, используя энергию солнца, ветра, тепло земли и т. д.

Для развития концепции энергосберегающего дома, безусловно, необходимо опираться на богатый опыт эксплуатации различных зданий. Очевидно, что энергоэффективность здания определяется совокупностью многих факторов. Из приведенных данных следует, что недостаточное термическое сопротивление осаждающих конструкций наиболее существенно снижает энергоэффективность зданий. Однако утеплением лишь ограждающих конструкций нельзя добиться значительного уменьшения теплопотерь, поскольку существенная их доля приходится на так называемые "мостики холода", то есть участки интенсивного теплообмена с окружающей средой. Такие участки чаще всего образуются в местах контакта плит перекрытий с несущими стенами, в местах примыкания к наружным стенам внутренних стен и перегородок, а также при проседании некачественного теплоизоляционного материала в трехслойных ограждающих конструкциях с утеплителем в качестве среднего слоя.

#### ***Для достижения экономии энергии предусматривают:***

- *энергоэффективные объемно–планировочные решения;*
- *использование эффективной теплоизоляции наружных стен;*
- *применение энергосберегающих окон, форточек, жалюзи;*
- *устройство на высоту одного-двух этажей зимнего сада;*
- *обваловку части здания;*
- *устройство кровли-газона, кровли-зимнего сада;*
- *герметичную заделку стыков и щелей, исключение утечек теплоты;*
- *устройство окон с двух смежных сторон здания;*
- *выполнение наружных стен с повышенной теплоизоляцией со стороны действия холодных ветров;*
- *утилизация всей теплоты от внутренних источников (бытовые приборы, люди, теплая вода после употребления);*
- *применение пассивной системы утилизации солнечной энергии;*
- *использование энергонезависимых технологий вентиляции, очистки стоков и др.;*
- *динамическую теплоизоляцию наружных стен.*

#### **РЕКУПЕРАТОРЫ**

Рекуперация при обработке сырья называется десорбцией. Десорбция, как и другие процессы масс передачи, обычно обратима, а первичный процесс называется адсорбцией. Эти процессы широко применяются в химической промышленности при очистке и осушке газов, очистке и осветлении растворов,

разделении смесей газов или паров, в частности при извлечении летучих растворителей из смеси газов. Рекуперация жидких растворителей используется в производстве углеводородов, спиртов, простых и сложных эфиров и т. д. Процессы адсорбции и десорбции осуществляются на специализированных адсорбционных установках. Рекуперация – процесс частичного возврата энергии для повторного использования. В данной теме мы говорим о рекуперации воздуха в системах вентиляции.

#### **Принцип работы рекуператора**

У нас есть приточно-вытяжная вентиляция. Приточный воздух зимой очищается воздушными фильтрами и нагревается калориферами. Он попадает в помещение, согревает его и разбавляет вредные газы, пыль и прочие выделения. Затем он попадает в вытяжную вентиляцию и выбрасывается на улицу. Отсюда мысль: почему бы нам не нагревать холодный приточный воздух воздухом выбрасываемым? Ведь мы по сути выбрасываем деньги на ветер – выбрасываемый воздух с температурой 21 С и приточный, который до калорифера имеет температуру -10 С.

Мы устанавливаем, к примеру, рекуператор с пластинчатым теплообменником. Чтобы понять принцип действия рекуператора с пластинчатым теплообменником представьте себе квадрат, в котором вытяжной воздух проходит снизу-вверх, а приточный слева-направо. Причем эти потоки не смешиваются друг с другом за счет использования специальных теплопроводящих пластин, разделяющих эти два потока. В итоге выбрасываемый воздух отдает приточному до 70 % тепла и на выходе из рекуператора имеет температуру 2-6 С, а приточный воздух, в свою очередь, имеет температуру на выходе из рекуператора 12-16 С. Следовательно калорифер будет нагревать воздух не -10 С, а +12 С, и это позволит нам значительно сэкономить на электро- или тепловой энергии, затрачиваемой на обогрев приточного воздуха.

#### ***Рекуператор воздуха для квартиры***

Рекуператор воздуха для квартиры – это очень полезное, а иногда просто необходимое устройство. На него возлагаются важные функции энергосбережения. Его суть заключается в обмене теплом между вытяжным и приточным воздухом. Таким образом достигается значительное уменьшение затрат на обогрев помещения.

Построив систему приточно-вытяжной вентиляции, каждый человек рано или поздно задумается над тем, как можно и можно ли вообще сократить количество того тепла, которое покидает помещение посредством вытяжного воздуха. В то же время воздух, который приходит с улицы, очень холодный и требует дополнительных затрат энергии отопительного оборудования для своего прогрева. Именно такое классическое устройство приточно-вытяжной вентиляции и влияет на значительную потерю тепла из квартиры.

Логичное решение о подогреве приточного воздуха вытяжным. Вот эти функции и выполняет рекуператор и для других помещений. А название свое устройство получило по названию процесса обмена теплом между воздушными потоками – рекуперация (утилизация тепла). Существует несколько основных типов рекуператоров воздуха. Для каждого из них характерно свое устройство и принцип действия.

#### ***Рекуператор воздуха для дома***

В наши дни люди проводят слишком много времени в помещениях. Чтобы не страдало здоровье и поддерживался нормальный воздухообмен в доме, человеку необходим кислород, который содержится только в свежем воздухе с улицы. Все чаще потребители устанавливают системы приточно-вытяжного вентилиро-

вания, которые осуществляют постоянный обмен воздуха путем притока воздуха и вывода отработанных потоков наружу. Чтобы уменьшить разницу температур и поддерживать в помещении дома комфортную атмосферу, выбирают специальное устройство с теплообменником – рекуператор. Рекуператор для дома представляет собой особую энергосберегающую вентиляцию, которую применяют в качестве альтернативы или дополнения к кондиционеру.

**Подведём итог**

С каждым днем все более востребованными становятся энергосберегающие технологии. Причиной данного явления стала высокая стоимость энергоносителей, их ограниченность, а также загрязнение окружающей среды. Рациональное энергопотребление позволяет существенно снизить затраты денежных средств на отопление домов и квартир. Таким образом, энергосбережение сейчас становится одним из основных приоритетов в деятельности любой компании. Эффект от внедрения данных технологий затрагивает не только строительные организации, но и конечного владельца дома, офисного здания или торгового центра. Инвесторы, участвуя в подобных энергосберегающих проектах, получают возможность по-настоящему выгодных инвестиций.

Энергоэффективность должна стать ключевым фактором на стадиях проектирования, строительства, инспектирования и продажи новых жилых и коммерческих зданий. Необходимо создать потенциал для усиленного мониторинга выполнения и соответствия стандартам энергоэффективности.

Энергоэффективные здания завоевали свою популярность на Западе, и на их примере уже в настоящее время разрабатываются проекты в нашей стране, в которых все чаще отдается предпочтение энергосберегающим технологиям. Технологии энергосбережения становятся более доступными и более востребованными. Однако основной преградой, мешающей развитию энергоэффективного домостроения, на сегодняшний день является неграмотность населения в этом вопросе. Несмотря на наличие технологий, пользоваться ими население не спешит. Многих отпугивает более высокая рыночная стоимость таких зданий, хотя со временем она полностью окупается в силу низкой стоимости эксплуатации здания, а также снижения тепло- и электропотерь.

#### **Список цитированных источников**

1. Ахмяров, Т. А. Система активного энергосбережения с рекуперацией тепла / Т. А. Ахмяров [и др.] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=5551](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5551) – Дата доступа 30.05.2020.
2. Power Coup Electri Рекуператор воздуха. Виды и принцип работы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://powercoup.by> – Дата доступа: 30.05.2020.
3. DANTEX Рекуператоры воздуха. Виды и принцип работы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dantex.ru/articles/rekuperatory-vozdukha-vidy-i-printsip-raboty> - Дата доступа 30.05.2020
4. EcoLuxe Системы вентиляции Живой воздух [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ecoluxe.su/?yclid=3561697750560306954> – Дата доступа 30.05.2020
5. Интех-климат Вентиляция с рекуперацией тепла [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.air-ventilation.ru/chto-takoe-rekuperatsiya.htm> – Дата доступа 30.05.2020
6. Википедия Рекуперация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Рекуперация> – Дата доступа 30.05.2020.

## **ОЦЕНКА ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ ОБЪЕКТОВ ОБЩЕГОРОДСКОГО ЗНАЧЕНИЯ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА БРЕСТА**

Целью данной работы является проведение обследования в центральной части города Бреста на предмет несоответствия фактических радиусов доступности остановочных пунктов общественного транспорта действующим нормативным. Радиус обслуживания остановочных пунктов обобщенно следует принимать не более чем 500 метров [2]. Для отдельных территорий и объектов эти радиусы уточняются: для районов усадебной застройки – не более 800 метров, проходных промышленных предприятий – 400 метров, объектов общегородского значения массового посещения – 250 метров [3]. Следует выделять радиусы доступности с векторными значениями (соединенные по прямой), условно не имеющие преград на путях движения, и изохроны транспортной доступности – фактические радиусы доступности с учетом особенностей планировки территории и наличия преград.

Для определения зон недосягаемости нормативными радиусами обслуживания для каждого из остановочных пунктов в центре города были нанесены циркульные радиусы в 250 и 500 метров (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Радиусы доступности в 250 и 500 м на карте города**

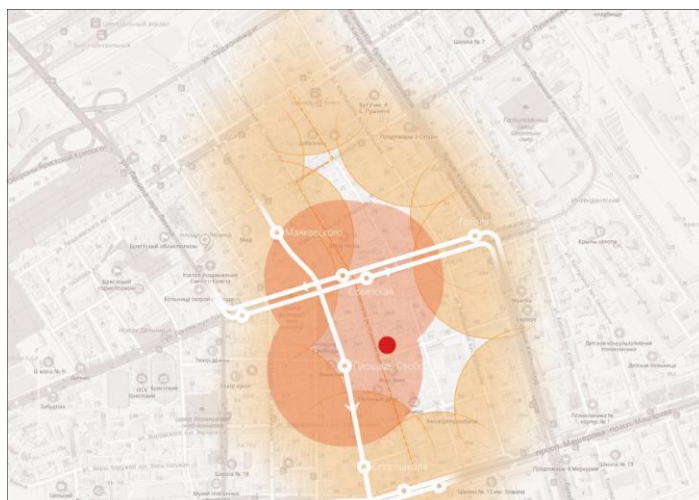
Из схемы видно, что зоны полной недосягаемости соответствуют коммунальным зонам железных дорог (у станции Брест-Полесский и на перегоне Брест-Центральный – пункт перестановки вагонов) и территории Брестской крепости. Для данных участков радиус доступности не нормируется. Однако радиус не захватывает часть территории парка общегородского значения, на которой расположен один из входов в него. Радиусы обслуживания в 250 метров соответствуют объектам общегородского значения массового посещения, выделенным на схеме красными точками (крупные предприятия транспорта, культурно-просветительские, торговые объекты). Все эти объекты, кроме кинотеатра «Беларусь», находятся в зоне действия радиуса. Необходимо решить вопрос транспортного обслуживания кинотеатра «Беларусь», ПКиО им. 1 мая.



Пути движения общественного транспорта и пешеходные зоны в центральной части города должны быть объединены в единую систему для удобства и комфорта передвижения населения. Движение автобусного транспорта в центральной части города Бреста осуществляется по ее периметру (улицам Ленина, Мицкевича, б-р Космонавтов, пр-т Машерова), в результате чего транспортная доступность пешеходной улицы Советской близка к предельному значению в 500 метров. При этом для общественных объектов общегородского значения (массового посещения) это расстояние должно быть не более 250 метров. Улица Советская имеет выходы на остановочные пункты «ЦУМ» и «Советская». Остановочный пункт «Советская» односторонний и находится на расстоянии 250 метров от конца пешеходной части улицы. Между остановочными пунктами «ЦУМ» и «Советская» более 1400 метров. Расстояние от кинотеатра «Беларусь» до ближайших остановочных пунктов составляет (в скобках указано векторное значение): до о.п. «ЦУМ» - 520 (490) м; до о.п. «Гоголя» - 650 (470) м; до о.п. «Театр» - 740 (540) м; до о.п. «Маяковского» - 580 (500) м. Как видно, фактическое расстояние до ближайших остановочных пунктов больше 500 метров, при нормативном в 250.

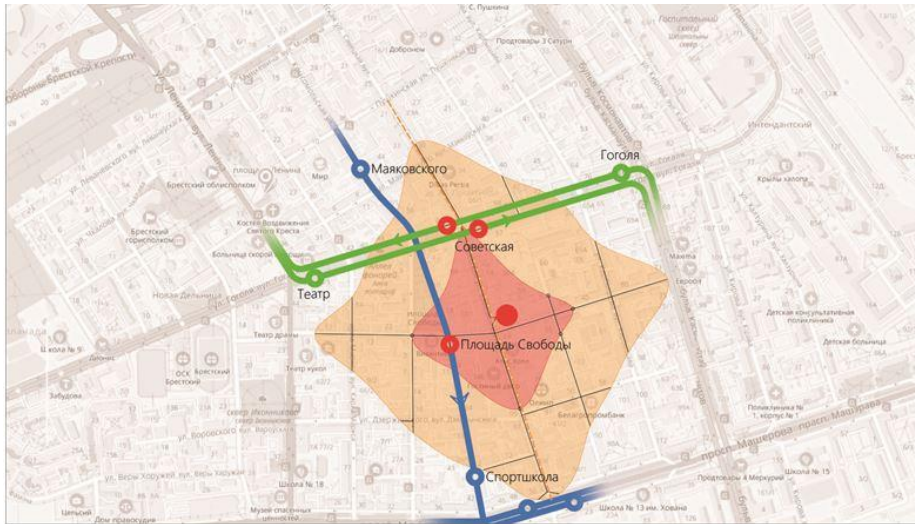
На участке от ул. Ленина до бульвара Космонавтов есть возможность пропускать автобусных маршрутов. В результате этого на пересечении с улицей Советской возникает новый остановочный пункт, а расстояние между ними вдоль ул. Советской сокращается вдвое. Для организации движения ГПТ по ул. Гоголя от ул. Ленина до ул. бульвар Космонавтов необходимо выполнить: 1) устройство остановочных пунктов «Театр» на въезде со стороны ул. Ленина, «Гоголя» при въезде с бульвара Космонавтов; 2) устройство остановочных пунктов на пересечении с ул. Советской.

При следовании троллейбусных маршрутов от о.п. «Автовокзал» расстояние между перегонами по пути составляет: «Автовокзал» - «Комсомольская» - 330 метров, «Комсомольская» - «Маяковского» - 300 метров, «Маяковского» - «Спортшкола» - 1100 метров, «Спортшкола» - «ЦУМ» - 350 метров. Значение в 1100 метров, тем более в центральной части города, недопустимо. Необходимо устройство как минимум одного остановочного пункта на перегоне «Маяковского» - «Спортшкола» вблизи площади Свободы. Это решение обеспечит соблюдение нормативного радиуса обслуживания кинотеатра «Беларусь» в 250 метров (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Радиусы обслуживания в 250 м после изменений в организации движения автобусов и троллейбусов**





**Рисунок 3 – Изохроны доступности радиусом 250 и 500 м после изменений в организации движения автобусов и троллейбусов**

В ходе обследования центральной части города выяснилось, что не все расстояния соответствуют нормативной дальности подхода к остановочным пунктам ГПТ. Для решения этих проблем необходимо прибегнуть к изменению схемы движения автобусного и троллейбусного транспорта в городе, добавить новые остановочные пункты.

#### **Список цитированных источников**

1. Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-3.03.227-2010. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2011. – 46 с.
2. Градостроительство. Населенные пункты. Нормы планировки и застройки: ТКП 45-3.01.116-2008. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2009. – 64 с.
3. Проектирование сетей городского пассажирского транспорта: ПЗ-01 к СНБ 3.03.02-97. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2002. – 63 с.
4. Ставничий, Ю.А. Транспортные системы городов. – М.: Стройиздат, 1990 – 224 с.
5. Бакутис, В.Э. Городские улицы, дороги и транспорт / В.Э. Бакутис, Е.В. Овечников. – М.: Высшая школа, 1971. – 258 с.
6. Леончик, В.П. Города Беларуси на пути к устойчивой мобильности: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://novopolotsk.by> – Дата доступа: 13.03.2020.

УДК 691.311:539.412

**Кондратьев М. И.**

**Научный руководитель: д.т.н. Найчук А. Я.**

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ГИПСОВОЛОКНИСТЫХ ЛИСТОВ**

**Введение.** В последнее время при строительстве зданий и сооружений все больше находят применение новые материалы и конструкции, позволяющие значительно сократить сроки строительства, свести до минимума «мок-

рые» процессы при выполнении отделочных работ помещений здания и конструкций, повысить качество строительства и надёжность зданий и сооружений. Одним из таких современных материалов являются гипсоволокнистые листы (ГВЛ), которые используются как в качестве отделочного, так и конструкционного строительного материала. ГВЛ представляет собой композитный материал, получаемый путем прессования смеси из строительного гипса и волокон распущенной целлюлозы (15-20%), получаемой преимущественно из макулатуры [1]. До настоящего времени в наших и зарубежных нормативных документах [1,2] отсутствуют какие-либо данные, касающиеся прочностных и упругих характеристик данного материала. Поэтому обеспечение достаточной несущей способности и эксплуатационной пригодности конструкций с элементами из ГВЛ в течение заданного периода эксплуатации является актуальной задачей. Следует отметить, что основными показателями, определяющими изменение несущей способности элементов конструкций из гипсоволокнистых листов в процессе эксплуатации, являются начальная и длительная их прочность. Что же касается исследований в данной области, то, здесь практически отсутствуют такие данные. Имеются лишь отдельные примеры, где приводятся некоторые значения коэффициентов приведения, позволяющих учитывать изменение длительной прочности материалов на основе гипса, но не ГВЛ.

Как показывает практика эксплуатации конструкций с элементами ГВЛ, они не всегда удовлетворяют требованиям как эксплуатационной пригодности, так и несущей способности. Причинами отказов являются также нарушение условий эксплуатации и неучет изменения прочностных и упругих характеристик во времени от действия нагрузок при выполнении проверок надёжности элемента по несущей способности и эксплуатационной пригодности.

Целью данных исследований являлась разработка методики по определению длительной прочности гипсоволокнистых листов при растяжении в плоскости и изгибе из плоскости листа.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- выбор и обоснование форм и размеров образцов ГВЛ для определения прочности при растяжении в плоскости и изгибе из плоскости листа от действия кратковременной нагрузки;
- разработка методики по определению длительной прочности ГВЛ при растяжении в плоскости и изгибе из плоскости листа.

### **1. Методика определения прочности гипсоволокнистых листов при растяжении в плоскости и изгибе из плоскости листа от действия кратковременной нагрузки**

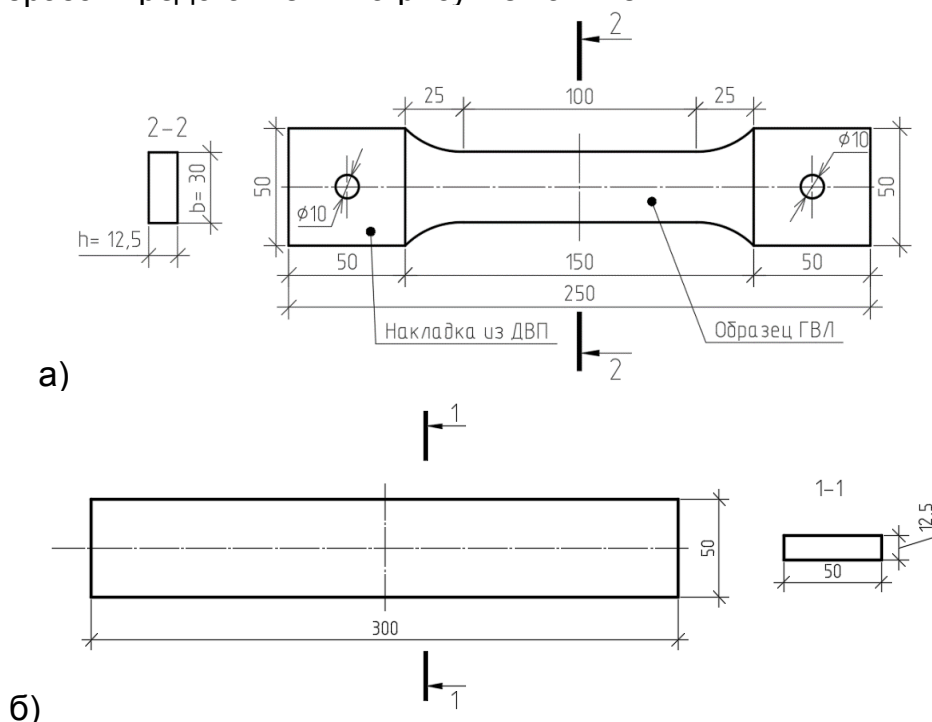
При разработке методики по определению прочности ГВЛ были проанализированы существующие методики по определению аналогичных характеристик для плитных материалов, вид напряженного состояния, структура и точность измеряемых величин. Данные вопросы являлись определяющими при выборе режимов нагружения, оборудования, средств измерения и приспособлений, позволяющих фиксировать измеряемые значения величин с заданной точностью. Разработанная методика включала в себя обоснование форм образцов, оборудования, изготовление образцов и их подготовку к испытаниям, а также некоторые требования [3].

Для нагружения испытываемых образцов по определению прочностных характеристик ГВЛ использовалась испытательная машина Quasar 25, позволяющая контролировать нагружения при жёстком режиме и задавать скорость приложения нагрузки, а также фиксировать деформирование испытываемого образца в процессе испытания.

При выборе формы образца выполнялись предварительные испытания различных по форме образцов (прямоугольной призмы и формы в виде «лопаток»).

В результате предварительных испытаний было установлено, что для определения прочности ГВЛ при растяжении должны быть использованы образцы в форме «лопаток». Для предотвращения разрушения в местах анкеровки было принято решение по их усилению с использованием накладок из ДВП размерами 50x50 мм наклеенные на боковые поверхности. Параметры испытываемых образцов и продолжительность испытаний должны удовлетворять следующим условиям: длина рабочей зоны  $l_{ef} = 100$  мм; ширина поперечного сечения  $b_{ef} = 30$  мм; отношение ширины рабочей зоны  $b_{ef}$  к ширине сечения  $b$  в зоне захватов образца – не менее 1.5; отношение длины рабочей зоны  $l_{ef}$  к общей длине  $l$  образца – не менее 4, радиус закругления в зоне изменения ширины образца  $r \geq 50$  мм; продолжительность испытаний не должна превышать 120 с. Геометрическая форма и размеры образца представлены на рисунке 1а.

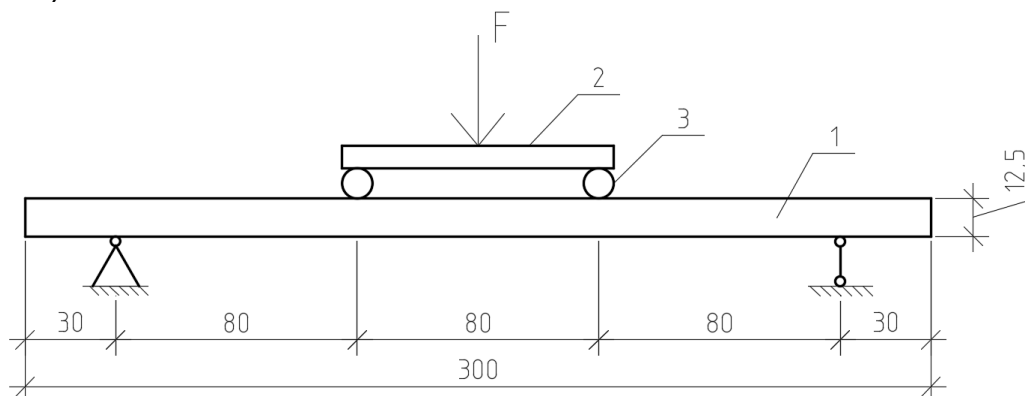
При предварительных испытаниях по определению прочности образцов ГВЛ при изгибе из плоскости листа были изготовлены образцы размерами 500x50 мм. Во время проведения испытаний было установлено, что образцы воспринимают незначительную нагрузку. В связи с очень малым значением разрушающей нагрузки для указанных выше размеров образцов были приняты размеры образцов 300x50 мм (рис. 1б). Образцы для испытаний изготавливаются из гипсоволокнистых листов и нагружаются возрастающей нагрузкой до их полного разрушения. При нагружении образцов измерится их деформация. Геометрическая форма и размеры образцов представлены на рисунке 1а и 1б.



**Рисунок 1 – Геометрические параметры образцов ГВЛ а) при испытании на действие растягивающего усилия б) при изгибе из плоскости листа**

Прочность образцов ГВЛ при изгибе из плоскости листа определяют по методу четырёхточечного изгиба. В качестве установки для создания четырёхточечного нагружения используется приспособление, изготовленное из стальной балочки квадратного сечения, на которой по краям располагаются шарниры (валики) таким образом, чтобы один из них служил подвижной опорой, второй – неподвижной. Радиус цилиндров –  $15 \pm 0,5$  мм.

Нагрузка на образец передается через приспособление на которое устанавливается образец меньшего пролета чем пролет испытываемого образца. Длина опор и ножа должна быть не менее ширины образца. На опорах установки должны быть нанесены риски для установки образцов по центру опор (рисунок 2).



1 – испытываемый образец; 2 – траверса; 3 – валики

**Рисунок 2 – Схема испытаний образцов ГВЛ при изгибе из плоскости листа**

Прочность при растяжении ГВЛ в плоскости листа определяют по формуле:

$$f_t = \frac{F_{\max}}{bh}, \quad (1)$$

где  $F_{\max}$  – сила нагружения, действующая на образец в момент разрушения, Н;  $b$  и  $h$  – ширина и высота поперечного сечения образца, соответственно, мм.

Значения прочности при изгибе ГВЛ из плоскости листа для каждого образца определяют по формуле:

$$f_m = \frac{3F_{\max} l_1}{bh^2}, \quad (2)$$

где  $F_{\max}$  – величина нагрузки, при которой произошло разрушение образца, Н;  $l_1$  – расстояние от опоры до прикладываемого к образцу усилия мм;  $b$  и  $h$  – ширина и высота поперечного сечения образца соответственно, мм.

## **2. Методика определения длительной прочности гипсоволокнистых листов при растяжении в плоскости и изгибе из плоскости**

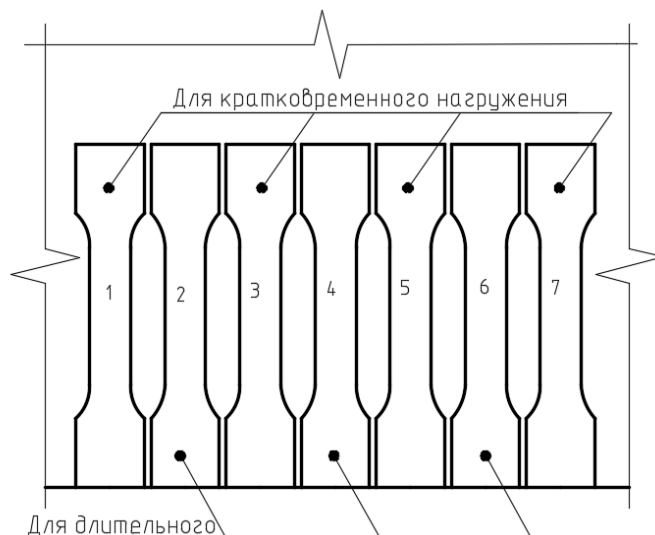
При разработке методики по определению длительной прочности ГВЛ были проанализированы существующие методики определения аналогичных характеристик для плитных материалов, вид напряженного состояния, структура и точность измеряемых величин.

Следует отметить, что в данных исследованиях рассматривается изменение длительной прочности и модуля упругости только при действии постоян-

ной нагрузки (напряжений). Вопрос сочетания нагрузок, т. е. комбинации нагрузок и их комбинации разной продолжительности, не рассматривается.

Формы и размеры образцов для испытания по определению длительной прочности ГВЛ принимаются аналогичными, как при определении прочности при кратковременном действии нагрузки.

Изготовленные для испытаний образцы должны храниться в помещении с относительной влажностью воздуха  $65\% \pm 5\%$  в течение суток. Учитывая значительный разброс значений прочности отдельных образцов, было принято решение выпиливать образцы по схеме (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Схема выпиливания образцов ГВЛ**

Из общего числа образцов, выпиливаемых из листа, 12 предназначались для длительных испытаний по определению длительной прочности  $f_{t,mean}(T)$ , и 3 образца использовались как контрольные для учета изменения деформаций при изменении температурно-влажностного режима окружающей среды в процессе проведения длительных испытаний. Данные результаты должны учитываться при вычислении исследуемых прочностных и упругих характеристик материала образцов.

Перед испытаниями для каждого образца определялись влажность, выполнялись измерения размеров, осуществляется их кондиционирование (выдержка в стандартных температурно-влажностных условиях). Все измерения проводятся после кондиционирования испытываемых образцов. Кондиционирование образцов проводилось при стандартной температуре окружающей среды ( $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ) и относительной влажности ( $65 \pm 5\%$ ).

В процессе испытаний образцов осуществлялось измерение их деформаций по направлению прикладываемой нагрузки и фиксируется продолжительность (время) испытаний. Деформации образцов под нагрузкой измеряются механическим способом как с использованием индикаторов часового типа с ценой деления 0,01 мм, так и электронного штангенциркуля между маркерами, установленными на границах рабочей зоны. Крепление маркеров к граням образцов осуществлялось с использованием эпоксидного клея.

**Выводы:** В качестве образцов для определения кратковременной и длительной прочности при растяжении в плоскости листа использовались образцы в форме «лопаток» и при изгибе из плоскости листа в форме прямоугольных призм размерами  $L \times b \times h = 300 \times 50 \times 12,5$  мм.

### **Список цитированных источников**

1. Листы гипсоволокнистые. Технические условия: ГОСТ Р 51829-2001. – 26 с.
2. Проектирование деревянных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий: ТКП EN 1995-1-1-2009. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 98 с.
3. Плиты гипсовые, армированные волокном определение, требования и методы испытания. Часть 2. Гипсоволокнистые плиты: СТБ EN – 15283-2-2009. – 89 с.

УДК 691.311:539.412

*Кондратьев М. И.*

*Научный руководитель: д.т.н. Найчук А. Я.*

## **НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ ОБРАЗЦОВ ГИПСОВОЛОКНИСТЫХ ЛИСТОВ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ**

**Введение.** Определение характеристик ползучести и прочности является важной задачей, решение которой позволит учитывать происходящие процессы при расчете элементов конструкций, в которых используются гипсоволокнистые листы (ГВЛ). Кроме того, это позволит повысить надежность проектируемых конструкций и, как результат, сократить экономические потери на их восстановление. Для исследования вышеуказанных процессов и определения их характеристик должны быть проведены экспериментальные исследования образцов по определенным методикам. Любая разрабатываемая методика или принятая из существующих должна позволять с достаточной достоверностью определить необходимые характеристики, характеризующие происходящий процесс. Применительно к ГВЛ в качестве характеристики изменения длительной прочности мог бы быть принят в качестве корректирующей коэффициент  $k_{mod}$  к характеристическим значениям прочности, как это принято в [1]. Что же касается изменения упругих характеристик при длительном действии нагрузки, то в качестве корректирующего коэффициента к характеристическим значениям может быть использован коэффициент ползучести  $k_{def}$ . Значения коэффициентов  $k_{mod}$ ,  $k_{def}$  могут быть получены путём испытаний образцов ГВЛ при длительном действии нагрузки.

Поэтому целью данных исследований было экспериментальное определение длительной прочности гипсоволокнистых листов при растяжении в плоскости и изгибе из плоскости листа, а также изменения упругих характеристик.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- провести испытания по определению кратковременной и длительной прочности ГВЛ при растяжении в плоскости и изгибе из плоскости листа;
- выполнить обработку результатов, полученных при испытании образцов ГВЛ.

### **1. Результаты определения прочности гипсоволокнистых листов при растяжении в плоскости и изгибе из плоскости от действия кратковременной нагрузки**

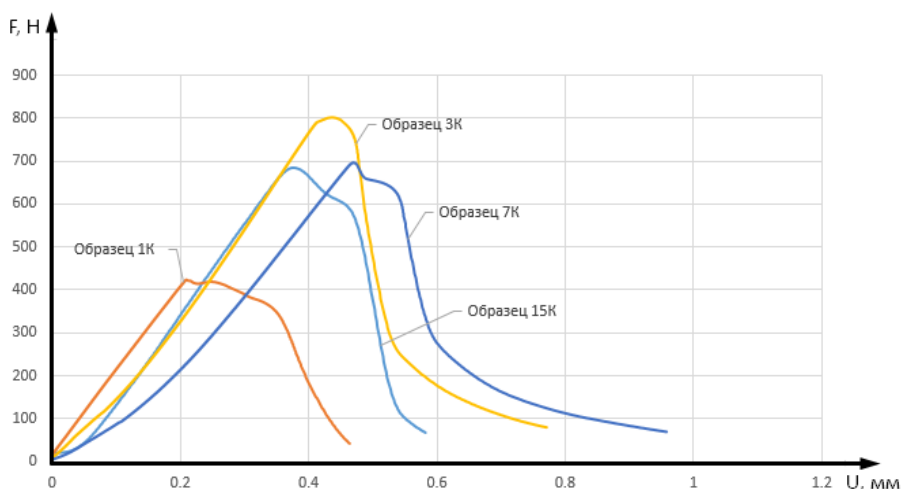
Для нагружения испытываемых образцов по определению прочностных характеристик ГВЛ использовалась испытательная машина Quasar 25, позволяющая контролировать жёсткий режим нагружения и задавать скорость прило-

жения нагрузки, а также фиксировать деформирование испытываемого образца под действием нагрузки [2].

**Таблица 1 – Результаты испытаний образцов ГВЛ при растяжении в его плоскости**

Образец №	Значение максимальной (разрушающей) нагрузки $F_{max}$ , Н	Размеры поперечного сечения образца $b \times h$ , мм	Значение прочности при растяжении $f_{t,0}$ , МПа	Среднее значение прочности при растяжении $f_{t,i,mean}$ , МПа
1	2	3	4	5
1К	701,7	29,8x12,5	1,884	2,403
3К	978,4	29,6x12,5	2,644	
5К	892,4	29,7x12,5	2,404	
7К	1058,6	30,4x12,5	2,786	
9К	856,0	29,6x12,5	2,314	
11К	927,4	31,7x12,5	2,340	

По данным испытаний строились диаграммы деформирования образцов ГВЛ, представленные на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Диаграммы деформирования некоторых образцов ГВЛ при кратковременном действии нагрузки при растяжении в плоскости листа**

Согласно разработанной методике для определения прочности ГВЛ при изгибе из плоскости листа изготавливались образцы в форме прямоугольных призм  $L \times b \times h = 300 \times 50 \times 12,5$  мм. Каждый образец помещается в нагружающее устройство на две параллельные опоры диаметром 20 мм и длиной не менее ширины образца, расстояние между центрами опор 240 мм. Нагрузка прикладывается посередине распределительной траверсы.



**Таблица 2 – Результаты испытаний образцов ГВЛ при кратковременном действии нагрузки при изгибе из его плоскости**

№ образцов	Размеры поперечного сечения образца $b \times h$ , мм	Расстояние от опоры до точки приложения нагрузки $l_1$ , мм	Момент сопротивления $W = \frac{b \cdot h^2}{6}$ , см <sup>3</sup>	Значение максимальной (разрушающей) нагрузки $F_{max}$ , Н	Момент $M = \frac{F_{max}}{2} \cdot l$ , Н·мм	Значение прочности $f_{m,0}$ , МПа	Среднее значение прочности $f_{m,mean}$ , МПа
1	2	3	4	5	6	7	8
1К	48,35x12,5	80	1,259	157,3	6292	4,997	4,683
3К	47,00x12,5	80	1,224	127,0	5080	4,15	
5К	47,25x12,5	80	1,230	123,5	4940	4,015	
7К	46,95x12,5	80	1,223	154,9	6196	5,068	
9К	47,30x12,5	80	1,232	151,8	6072	4,929	
11К	47,85x12,5	80	1,246	153,8	6152	4,937	

На основании результатов, полученных при испытании образцов ГВЛ от кратковременного действия нагрузки, среднее значение прочности при растяжении в плоскости листа составило 2,403 МПа, а при изгибе из плоскости листа – 4,683 МПа.

## 2. Результаты определения длительной прочности гипсоволокнистых листов

Нагружение образцов, при длительном действии нагрузки, осуществлялось путем подвешивания грузов необходимой массы, величина которых определялась исходя из принятого уровня напряжений. В процессе нагружения фиксировались время и величины деформаций в рабочей зоне образца.

Всего было принято 2 уровня нагружения, каждый из которых соответствовал напряжениям в образце:  $0,9 \cdot f_{t,mean}$  и  $0,8 \cdot f_{t,mean}$ . Уровень напряжений устанавливался как определенная часть от среднего значения  $f_{t,0,mean}$  кратковременной прочности, определенного по результатам кратковременных испытаний образцов при растяжении. Влажность и температура воздуха в помещении, где проводились длительные испытания, определялись по психрометру, установленному возле испытательных рам.

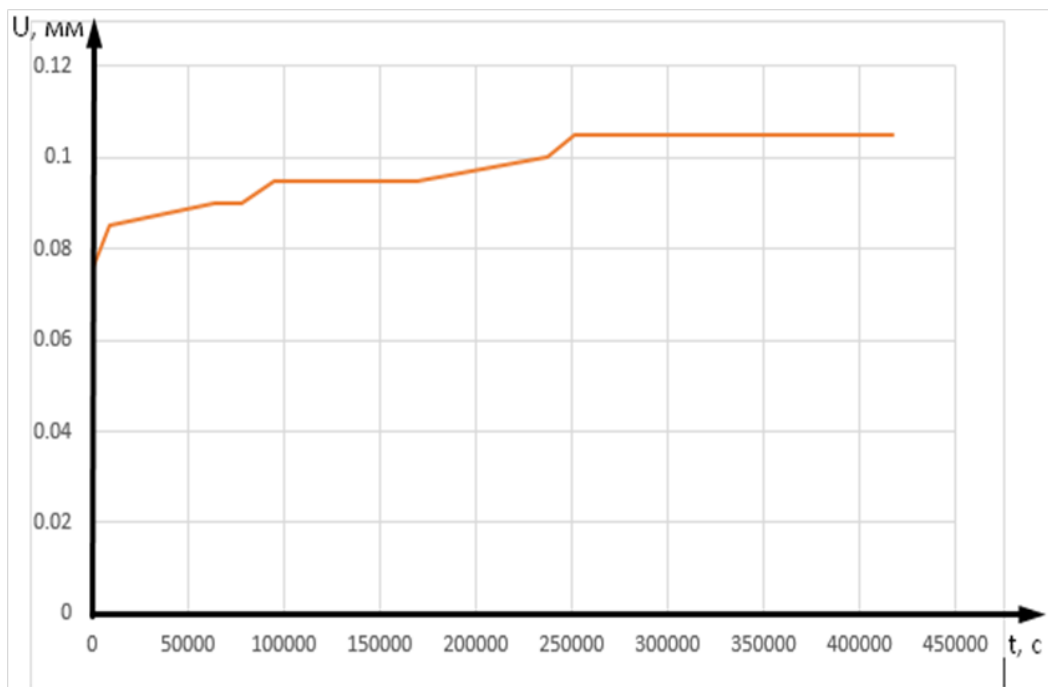
Результаты испытаний на длительное нагружение образцов ГВЛ при  $\sigma_t = 0,9 \sigma_{mean}$  представлены в таблице 3.

**Таблица 3 – Результаты длительных испытаний образцов при  $\sigma_1 = 0,9 f_{t,mean}$**

№ образца	Размеры поперечного сечения $b \times h$ , мм	Уровень напряжения $\sigma_1 = 0,9 f_{t,mean}$ , МПа	Время до разрушения $t_i$ , дн/ $t_i$ , сек	$lg(t)$
1	2	3	5	6
1	31,25x12,5	1,816	69д 2ч 33мин/5970780	6,776
2	29.6x12.5	2,460	6дн 18ч 21 мин/584430	5,767
3	30.2x12.5	2,595	5дн 17ч 55 мин/496470	5,696

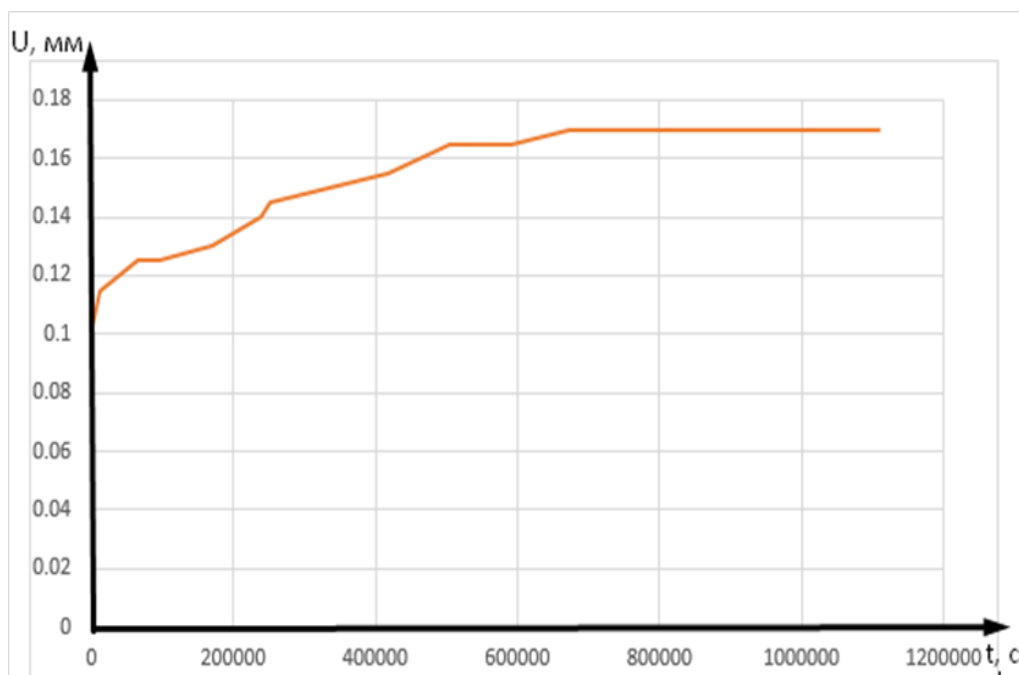
По данным измерения деформаций во времени строился график их зависимости от продолжительности действия нагрузки для каждого уровня нагру-

жения. Один из таких графиков приведен на рисунке 2, анализируя который, можно сделать вывод, что модуль упругости ГВЛ во времени уменьшается.



**Рисунок 2 - График зависимости деформации от времени для образца № 3 ( $\sigma_1=0,9 \cdot f_{t,mean}$  МПа) (разрушился через 5 дн. 17 ч 55 мин)**

Результаты испытаний на длительное загрузеие образцов ГВЛ при  $\sigma_1=0,8 \cdot f_{t,mean}$  представлены в таблице 4. Следует отметить, что за указанный период испытаний разрушилось несколько образцов, а остальные находятся в стадии испытания до сегодняшнего дня.



**Рисунок 3 - График зависимости деформации от времени для образца № 7 ( $\sigma_1=0,8 \cdot f_{t,mean}$  МПа) (разрушение пока не произошло)**

**Таблица 4 – Результаты длительных испытаний образцов при  $\sigma_1=0,8 \cdot f_{t,mean}$** 

№ образца	Размеры поперечного сечения bхh, мм	Уровень напряжения $\sigma_1=0,8 \cdot f_{t,mean}$ , МПа	Время до разрушения t, сут/сек	lg(t)	Прим.
1	2	3	4	5	6
1	30,8х12,5	1,428	18 мин /1100	3,045	
2	30,85х12,5	1,421	-	-	не разрушились на 27.05.20
3	31,05х12,5	1,421	2 сек	0,301	
4	30,7х12,5	2,085	-	-	не разрушились на 27.05.20
5	29,0х12,5	2,327	-	-	не разрушились на 27.05.20
6	30,0х12,5	2,306	-	-	не разрушились на 27.05.20
7	30,0х12,5	2,427	-	-	не разрушились на 27.05.20

Анализируя результаты, приведенные в таблице 4, можно сделать вывод, что долговечность ГВЛ зависит от уровня напряжений, действующих в сечении листа.

Образцы ГВЛ для испытания на длительное нагружение при изгибе из плоскости листа на данный момент находятся в процессе испытания.

#### **Список цитированных источников**

1. Проектирование деревянных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий: ТКП EN 1995-1-1-2009. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 98 с.

2. Плиты гипсовые, армированные волокном: определение, требования и методы испытания. Часть 2. Гипсоволокнистые плиты: СТБ EN – 15283-2-2009. – 89 с.

УДК 624.155

**Коренчук Т. Н.**

**Научные руководители: к.т.н., доцент Чернюк В. П.,  
ст. преподаватель Шляхова Е. И.**

### **ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ОБРАЗОВАНИЯ УШИРЕНИЙ В ЗАБОЕ И СТЕНКАХ СКВАЖИН**

В настоящее время в строительной отрасли проектируется большое количество мостов, эстакад, зданий и сооружений на забивных сваях. Использование забивных свай считается очень дешевым способом строительства фундаментов. Однако их применение сопровождается большим количеством сложностей и затруднений при устройстве таких свайных фундаментов.

Можно выделить основные недостатки забивных свай:

- - забивные сваи часто трескаются или разрушаются при их устройстве;

- - низкая несущая способность свай по грунту основания, достигающая лишь 60-100т, вследствие чего образуются деформации зданий;
- - ограниченная длина забивных свай, не превышающая 10-15 м. Устройство более длинных свай требует стыковки двух отдельных свай (модульных);
- -ограниченная возможность устройства забивных свай в городской черте из-за шума и вибрации, превосходящих допустимые их уровни (50-70 дБ) в 2-2,5 раза и достигающих уровня порядка 120-140 дБ.

Для совершенствования свайных фундаментов и создания альтернативы забивным сваям авторами был проанализирован зарубежный и отечественный опыт устройства буронабивных свай. Основным направлением была выбрана разработка технологии устройства буронабивных свай с уширенным основанием или с уширенной пятой. Эта технология разрабатывалась в расчете на массовое устройство свай в сложных геологических условиях. Технический результат заключался в создании высокотехнологичных способов сооружения свай с уширением (пятой), обеспечивающих значительную несущую способность свай в грунте основания [1, 2].

Наиболее широко применяемая в строительстве забивная свая имеет размер ствола  $a \times b = 0,3 \times 0,3$  м, а площадь ее опирания на грунт составляет  $A = 0,3 \times 0,3 = 0,09$  м<sup>2</sup>. Такая же буронабивная свая, но с уширением на нижнем конце (пятой) диаметром  $D$  всего лишь 0,6 м, имеет площадь опирания на грунт  $A = 3,14 \times 0,6^2 / 4 = 0,283$  м<sup>2</sup>. Следовательно, данная буронабивная свая с уширением имеет преимущество перед забивной сваей по площади опирания на грунт в  $0,283 / 0,09 = 3,14$  раза. Таким образом, несущая способность буронабивной сваи  $F$  по грунту основания с небольшой пятой превосходит несущую способность, как минимум, в три раза.

Несущая способность таких свай и забивных по грунту основания на действие вертикальных вдавливающих нагрузок согласно действующим нормативным документам СНиП 2.02.03-85 [3], СНБ 5.01.01-99 [4] и ТКП 45-5.01-256-2012 [5], определяется по известной формуле:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{CR} \cdot R \cdot A + \sum U \cdot \gamma_{cf} \cdot h_i \cdot f_i).$$

Как видно из приведенной формулы, несущая способность набивных свай по грунту основания складывается из двух составляющих: силы сопротивления грунта под нижним концом сваи ( $\gamma_c \cdot \gamma_{CR} \cdot R \cdot A$ ) и силы сопротивления грунта по боковой поверхности ствола ( $\sum U \cdot \gamma_c \cdot \gamma_{cf} \cdot h_i \cdot f_i$ ). Таким образом, возможны два пути повышения несущей способности буронабивных свай построечного изготовления без изменения первоначальных характеристик грунта и конструкции сваи.

Первый путь за счет первой составляющей может достигать 50–60 % и больше от общей несущей способности сваи, чем короче свая, тем больше доля сопротивления грунта под ее нижним концом, и наоборот. Таким образом, первый, более рациональный, путь заключается в увеличении первой составляющей формулы за счет повышения площади опирания сваи  $A$  на грунт.

Второй, менее эффективный, путь состоит в увеличении несущей способности сваи за счет второй составляющей, причем эта составляющая имеет только линейный характер первого порядка, она значительно меньше первой составляющей (30-40%).

В качестве примера сопоставим прочностные показатели трех наиболее широко применяемых свай в строительстве: забивной сваи сечением ствола 0,3x0,3 м, буронабивной сваи без уширения диаметром ствола 0,3 м и буронабивной сваи диаметром ствола 0,3 м с уширением диаметром 0,6 м. Первая имеет площадь опирания на грунт  $A=0,3 \times 0,3=0,09 \text{ м}^2$ , вторая –  $A=3,14 \times 0,3^2/4=0,7065 \text{ м}^2$ , третья -  $A=3,14 \times 0,6^2/4=0,2826 \text{ м}^2$ . Следовательно, буронабивная свая с уширением имеет преимущество по площади опирания на грунт перед забивной сваем в  $0,2826/0,09=3,14$  раза, а перед буронабивной сваем без уширения – в  $0,2826/0,07065=4$  раза.

Авторами БрГТУ предложено более полусотни разработок для образования уширений и уширенных оснований как в забое, так и в стенках скважин. Все они защищены 70 патентами Республики Беларусь, Российской Федерации на изобретения и полезные модели, а также а. с. СССР. Часть из них, наиболее эффективных и работоспособных в применении, обладающих новизной, полезностью и существенными отличиями в техническом и изобретательском плане, опубликована в недавно изданном учебном пособии [6]. Данные разработки позволяют образовывать уширения в забое и стенках скважин путем:

а) – электрогидравлического удара в скважине (патент Республики Беларусь на полезную модель (п. м.) № 1641);

б) – раздвижки в скважине шаров посредством конуса или клина (авторское свидетельство (а. с.) СССР №1177437, патент Республики Беларусь на п.м. №2081);

в) – выпрямления в скважине предварительно изогнутой и опущенной в неё пластины (патенты Республики Беларусь на изобретения (изобр.) №9410,14968, на п. м. № 5631);

г) – размыва стенок скважины в забое водой посредством размывного устройства или гидромонитора (патент Республики Беларусь на изобр. № 9160);

д) – вмятия в забой скважины упругого эластичного шара;

е) – падения на воду в скважине через поплавков груза (патент Республики Беларусь на изобр. № 8712);

ж) – размыва грунта в забое скважине вантусом (патент Республики Беларусь на изобр. № 8700);

з) – втрамбовывания щебня или гальки в забой скважины в мешках (патент Республики Беларусь на п. м. № 5283);

и) – взрывания заряда ВВ в забое скважины с применением специального приспособления в виде катушки (патент Республики Беларусь на п. м. № 6937);

к) – вращения с осевым усилием абразивного материала в забое скважины (патент Республики Беларусь на п. м. № 7703);

л) – расширения полимерного гидрогелевого материала в мешке с отверстиями (патент Республики Беларусь на п. м. № 12061);

м) – падения по направляющей штанге или трубе в скважине на воду подвешенного груза (патенты Республики Беларусь на п. м. №№ 8917, 12196);

н) – использования комбинированной разработки грунта в уширении гидравлическим и механическим способами (водой и щетками) (патент Республики Беларусь на п. м. № 12218);

о) – раздвижки в забое скважины призматических или цилиндрических элементов патенты Республики Беларусь на п. м. №№ 11041, 11343);

п) – вдавливания со смятием в забой скважины упругого резинового цилиндрического уширителя (патенты Республики Беларусь на п. м. №№ 5309, 6868);

р) – использования электромагнитного уширителя в виде тора (а. с. СССР № 1745859);

с) – трамбования в забое скважины якорной цепи (патент Республики Беларусь на п. м. № 9782);

т) – вмятия в забой с уплотнением грунта скважины U-образной пластины (патент Республики Беларусь на п. м. № 6277);

у) – раскрытия в забое скважины уширителя стаканного типа с зубьями пилообразной формы (патенты РБ на изобр. № 9185, на п. м. № 4869);

ф) – деформации в забое скважины уширителя беличьего типа (патент Республики Беларусь на п. м. № 7465).

Использование буронабивных свай с уширениями или уширенными основаниями в фундаментостроении по сравнению с аналогичными сваями и забивными (без уширений и уширенных оснований) позволяет повысить их несущую способность по грунту основания в несколько раз при значительном сокращении удельного расхода бетона и других материалов.

#### **Список цитированных источников**

1. Чернюк, В.П. Производство свайных работ в особых условиях / В.П. Чернюк, П.П. Ивасюк. – Германия, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 195 с.

2. Чернюк В.П., Шляхова Е.И. Технология свайных работ в особых условиях строительства/Учебное пособие. – М.: РУСАЙНС, 2019. – 242 с.

3. Строительные нормы и правила. Свайные фундаменты: СНиП 2.02.03-85 / Госстрой СССР. – М: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 48 с.

4. Строительные нормы Республики Беларусь. Основания и фундаменты зданий и сооружений: СНБ 5.01.01-99 / Минстройархитектура Республики Беларусь – Минск: ГП «Минсктиппроект», 1999. – 36 с.

5. Технический кодекс установившейся практики. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Сваи забивные. Правила проектирования и устройства: ТКП 45-5.01-256-2012. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2013. – 137 с.

6. Чернюк, В.П. Технические средства и способы бурения скважин с уширениями в строительстве и горном деле: учебное пособие / В.П. Чернюк, Е.И. Шляхова. – М.: РУСАЙНС, 2020. – 139 с.

УДК 378.147

**Короленко В. В., Карпович А. Р.**

**Научные руководители: к.т.н. Акулова О. А., к.т.н., доцент Базенков Т. Н.**

### **ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ AUTOCAD**

Одним из основополагающих принципов современного информационного проектирования является применение различных блоков, в том числе параметрических. Это в значительной степени ускоряет и автоматизирует процесс создания проектной документации в системах автоматизированного проектирования, например, в AutoCAD.

Если какой-либо элемент изображения повторяется на чертеже многократно, его целесообразно выполнить как блок.

Блок – это набор объектов, которые сгруппированы в единый именованный объект, хранящийся в файле чертежа и доступный для редактирования. В состав блока могут входить графические примитивы (отрезки, полилинии, окружности и т. п.) и текст, называемый атрибутом [1–3].

Блоки для AutoCAD – это ссылки в область данных файла, где лежит само описание блока. Именно поэтому их использование существенно сокращает размер файла, а, следовательно, ресурсы и время.

Способы создания блока:

- Стандартный способ создания блока через команду *БЛОК*;
- Создание блока через меню создания блока;
- Создание блока через вставку примитивов как блока;
- Способ копирования с базовой точкой.

Вставка блока – это его графическая реализация, которую можно осуществлять неограниченное количество раз по единому описанию блока.

Для редактирования блока применяют редактор блоков, который представляет собой дополнительную вкладку, которая появляется на ленте. Она предназначена непосредственно для изменения геометрии ранее созданного блока, присвоения ему параметров и операций, определяющих свойства и функции динамического изменения.

Динамические блоки в AutoCAD позволяют решить более широкий ряд задач, чем статические, их преимуществом является то, что достаточно отредактировать только лишь одно определение блока, т. е. основное его описание. Все остальные вхождения автоматически изменятся. В противном случае пришлось бы редактировать каждый объект отдельно или вносить изменения для одного элемента, копировать его и заново вставлять. Таким образом можно коллективно управлять свойствами блоков.

Алгоритм создания динамических блоков включает [4]:

- планирование содержимого блока;
- создание геометрических объектов для блока в редакторе блоков;
- добавление геометрических и размерных зависимостей, параметров, операций;
- определение свойств параметров;
- назначение атрибутов блока;
- сохранение блока.

Чтобы убедиться, что выполненный блок работает правильно, необходимо воспользоваться режимом тестирования блока.

Для извлечения данных из установленных атрибутов необходимо [5]:

1. Выполнить команду *Сервис \ Извлечение данных*. Окно *Извлечение данных* содержит две опции:

- *Создать новое извлечение данных*: так же можно выбрать созданный и сохраненный ранее шаблон извлечения данных;
- *Редактировать существующее извлечение данных*: необходимо использовать эту опцию, если ранее вы извлекали данные и хотите изменить параметры извлечения.

2. Определить *Источник данных*. В окне нужно указать чертеж, из которого хотите извлечь данные, если же вам необходимо выбрать конкретные объекты в открытом чертеже, тогда установить флажок: *Выбрать объекты на текущем чертеже*, нажать на пиктограмму и указать объекты.

Нажатие клавиши *Настройка* вызывает окно указания дополнительных параметров:



– *Извлекать объекты из блоков* – включает в себя вложенные блоки;  
– *Извлекать объекты из внешних ссылок* – включает объекты из внешних ссылок;

– *Учитывать внешние ссылки при подсчете блоков* – учитывает все внешние ссылки при подсчете блоков.

В *дополнительных параметрах* пользователь имеет возможность указать область извлечения данных:

- *Объекты в пространстве модели;*
- *Все объекты на чертеже.*

3. *Выбор объектов.* Позволяет выбрать конкретные объекты, с которыми необходимо работать далее. Окно содержит несколько фильтров отображения объектов:

- *Отображать объекты всех типов;*
- *Отображать только объекты, не являющиеся блоками;*
- *Отображать только блоки с атрибутами;*
- *Отображать только используемые объекты;*
- *Отображать объекты всех типов.*

4. *Выбор свойств.* Пользователь выбирает, какие конкретно свойства необходимо извлечь.

5. *Уточнение данных.* В данном окне возможно объединять идентичные строки, включать или отключать колонки с названием блока и счетом, а также сортировать каждую колонку. Кроме этого, можно связать данные посредством внешних ссылок. Также можно воспользоваться функцией полного просмотра:

6. *Выбор типа вывода.* Пользователю предоставляется возможность выбора типа вывода данных:

– *Вставка в чертеж таблицы извлеченных данных* – в последующем будет выдан запрос на указания параметров таблицы.

– *Вывод данных во внешний файл* – необходимо будет указать путь сохранения и формат сохраняемого файла.

7. *Стили таблицы.* При выборе параметра *Вставка* в чертеж таблицы извлеченных данных, на предыдущем шаге выводится окно *Стили таблиц*, для указания параметров таблицы.

8. *Вставка.* По нажатию клавиши *Готово*, будет выдан запрос на указание точки вставки таблицы на чертеже.

Эффективным считается создание собственной библиотеки блоков и элементов, где каждый элемент библиотеки хранится в отдельном файле. Такая библиотека является мощным инструментом работы в системе AutoCAD.

Инструментальная палитра AutoCAD обладает неоспоримым преимуществом: объекты, добавленные на нее, не исчезают после закрытия чертежа. Собственные палитры будут открываться даже в новых файлах. Именно поэтому адаптация AutoCAD способна существенно упростить и ускорить процесс создания чертежей.

Палитры AutoCAD можно экспортировать, чтобы использовать их на другом компьютере или в качестве резервной копии. В результате экспорта получается XML-файл, который имеет расширение \*.xtp.

Порядок экспортирования инструментальной палитры:

1. Откройте саму инструментальную палитру (Ctrl+3).
2. Нажмите ПКМ в пустом месте и выберите «Адаптация палитр...».
3. Откройте диалоговое окно Customize (Адаптация).

4. Выделите нужную палитру, на которую вы хотите экспортировать инструменты, нажмите ПКМ → Экспорт.

5. Укажите место сохранения файла. AutoCAD автоматически создаст папку с таким же именем, чтобы хранить файлы изображений.

Процесс импортирования инструментальных палитр аналогичен, за исключением того, что в Диалоговом окне «Адаптация» требуется щелкнуть ПКМ в левой части и выбрать «Импорт».

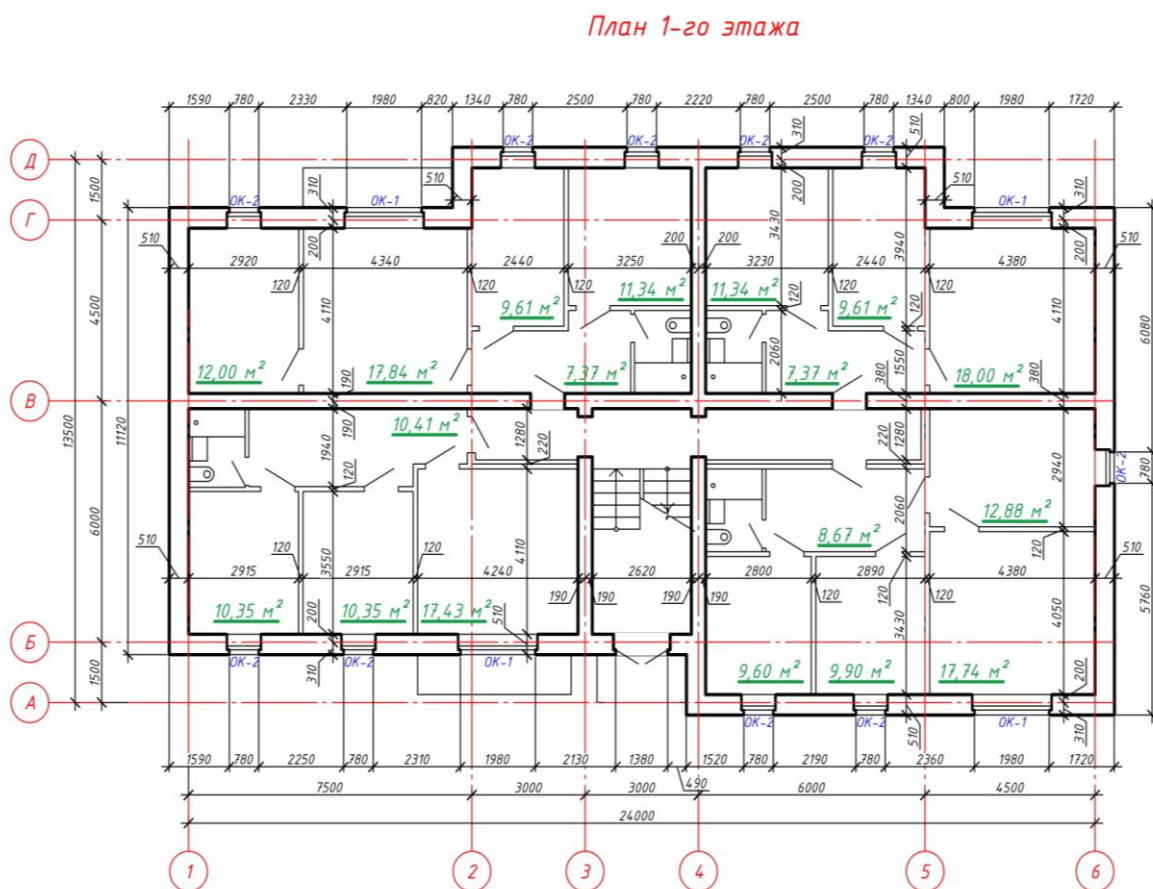
При этом будет предложено указать файл с расширением хтр. Необходимо выбрать нужный файл, и палитры загружаются в Инструментальную палитру AutoCAD.

В рамках научно-исследовательской работы нами был выполнен архитектурно-строительный чертеж здания, в котором применялись различные виды блоков (рисунок 1):

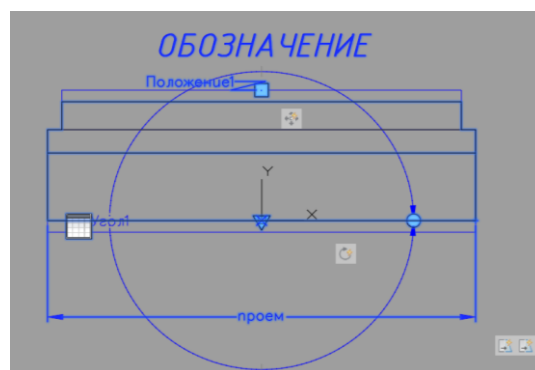
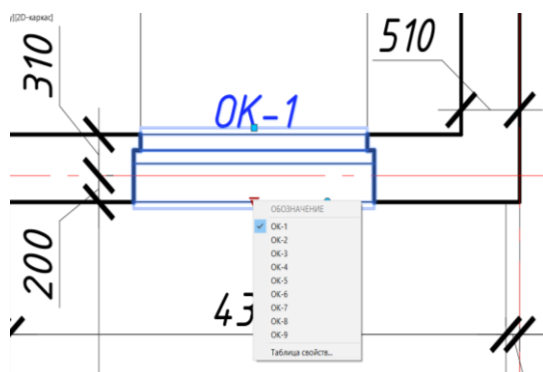
– простые блоки – для расстановки санитарно-технического оборудования и мебели;

– динамические блоки – самостоятельно разработанные параметрические блоки окон и дверей (рисунки 2 и 3), позволяющие автоматизировать процесс создания соответствующих экспликаций.

– параметрические объекты специализированных приложений типа Autodesk SPDS – схема координационных осей, площади помещений, обозначение узлов, видов, разрезов, сечений, отметки высот и др.

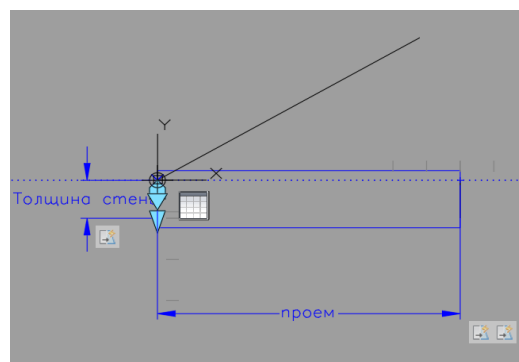
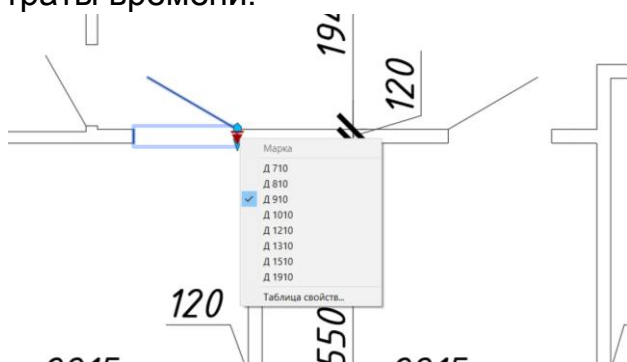


**Рисунок 1 – Чертеж плана здания с использованием параметрических объектов**



**Рисунок 2 – Пример параметрического блока окна**

Таким образом, автоматизация создания проектно-конструкторской документации за счет адаптации интерфейса, создания пользовательских баз данных блоков, в том числе параметрических, автоматического получения спецификаций и извлечения данных и атрибутов позволяет максимально использовать возможности современных систем автоматизированного проектирования в процессе инженерной практики, значительно сокращая усилия и затраты времени.



**Рисунок 3 – Пример параметрического блока двери**

#### Список цитированных источников

1. Хейфец, А.Л. Инженерная 3D-компьютерная графика : учеб. пособие для бакалавров / А.Л. Хейфец, А.Н. Логиновский, И.В. Буторина, В.Н. Васильева ; под ред. А.Л. Хейфеца. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2017. – 464 с.
2. Хейфец, А.Л. Компьютерная графика для строителей : учебник для академического бакалавриата / А.Л. Хейфец, В.Н. Васильева, И.В. Буторина ; под ред. А.Л. Хейфеца. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2018. – 204 с.
3. Блоки и поля в AutoCAD / А.Л. Меркулов : сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://r.autocad-specialist.ru/bloki-i-polia-autocad>. – Дата доступа: 03.02.2020.
4. Акулова, О. А. Особенности создания пользовательских баз данных в САПР на примере AutoCAD / О. А. Акулова, М. Ю. Гришкевич, Е. Д. Эйсмонт // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы : сборник трудов Международной научно-практической конференции, 20 апреля 2018 года, Брест, Республика Беларусь, Новосибирск, Российская Федерация / отв. ред. О.А.Акулова. – Брест : БрГТУ, 2018. – С. 12 15.
5. Школьный, А. Извлечение данных из атрибутов в AutoCAD / А. Школьный // САПР-журнал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sapr-journal.ru/uroki-autocad/izvlechenie-dannyh-iz-atributov/>. – Дата доступа: 03.02.2020.

УДК 519.6

**Коханский С.С.**

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

## **К НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАРНЫХ СТЕРЖНЕЙ С ГОФРИРОВАННОЙ (РИФЛЕННОЙ) СТЕНКОЙ В СРАВНЕНИИ СО СВАРНЫМИ ДВУТАВРАМИ С ПЛОСКОЙ СТЕНКОЙ**

**1. Введение.** Металлические стержни двутаврового сечения, как конструктивные элементы, представляют собой тонкостенные профили, состоящие из набора пластинок, соединенных между собой сваркой, образуя поперечные сечения замкнутого или открытого профиля. Среди многочисленных типов поперечных сечений металлических стержней особое место занимает двутавровое сечение, которое очень хорошо подходит с точки зрения работы материала на изгиб, т. к. при изгибе верхняя полка хорошо работает на сжатие, а нижняя – на растяжение. При этом в стенке нормальные напряжения небольшие, поэтому нет смысла изготавливать ее толстой. Но если стенка, воспринимающая сдвиг, будет слишком тонкой, то она склонна терять устойчивость, поэтому её приходится изготавливать достаточно толстой, что неэффективно с точки зрения потребления металла. Отсюда поиск конструктивных решений сечений со стенками, достаточными для восприятия поперечных сил, но не теряющими местную устойчивость от напряжений сдвига. Поэтому на протяжении многих десятилетий зарекомендовали себя положительно *«перфорированные балки»* и *«балки с тонкой стенкой»*.

Существует другой путь получить экономичное по расходу стали двутавровое сечение стержня путем снижения толщины стенки. Для этого рекомендуется применить в качестве несущих конструктивных элементов *двутавровые стержни с гофрированной стенкой* [1, 2, 3], по терминологии [4] – *Sin-балки* (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Стальной каркас здания из двутавровых стержней с гофрированной стенкой**

В *Sin-балке* стенка имеет форму волны, что позволяет ей иметь хорошую устойчивость, а поэтому такую стенку можно сделать гораздо тоньше обычной.

Возможность оценки несущей способности *гофро-балки* в нормах РФ, гармонизированных с нормами СНиП II-23-81\*, впервые отражена в 2017 г. в СП.1325800.2017 – Конструкции стальные. Правила проектирования. Такой поздний интерес к нормативной оценке напряженно-деформированного состояния (НДС) *гофробалок* в нормах РФ связан с тем, что до недавнего времени они не имели широкого применения в строительной практике РФ, несмотря на то, что научная общественность СССР, а в последующем и стран СНГ, постоянно проявляла к ним повышенный интерес. Достаточно сказать, что эксперименты с использованием стержней с волнистой стенкой впервые произвел российский ученый профессор Горнов В. Н., опубликовав в 1937 году свои исследования, которые были успешно использованы только в 1966 году в Швеции. Им же было указано на повышенную трудоемкость их изготовления.

Широкое применение в практике проектирования и строительства зданий с использованием в качестве несущих конструкций двутавровых стержней с гофрированной стенкой началось, когда в 90-х годах прошлого столетия на строительном рынке заявила о себе австрийская компания ZEMAN BAUELEMENTE, разработавшая автоматизированную технологическую линию по изготовлению балок с гофрированной стенкой со скоростью до двух метров в минуту. Оборудование компании ZEMAN BAUELEMENTE позволяет получить *Sin-балки* высотой от 0,3 до 1,5 м, максимальная длина одной балки — 20 м. Поскольку изготавливаемые компанией ZEMAN BAUELEMENTE *Sin-балки* позволяют перекрывать пролеты до 40 м, их конструктивные решения конкурентно способны с фермами до 36 м.

**2. Достоинства стержней с гофрированной стенкой.** Апробацию применения изготавливаемых *Sin-балок* компания ZEMAN BAUELEMENTE провела в 1998 году в Польше под Катовице на строительстве здания магазина площадью 55000 м<sup>2</sup> для компании Metro. выиграв тендер. Здание магазина было построено за три месяца, где в качестве несущих элементов каркаса ZEMAN BAUELEMENTE предложила использовать в проекте изготавливаемые *Sin-балки* на своей автоматизированной линии, что позволило сэкономить на строительстве 700 тонн стали.

В настоящее время многочисленными исследованиями доказаны их очевидные преимущества в сравнении с другими стержневыми конструкциями:

- Экономия металла по сравнению с традиционными прокатными двутаврами: материалоемкость гофробалок на (20 ÷ 30) % меньше в сравнении с обычными сварными балками и на (40 ÷ 60) % меньше в сравнении с горячекатаными;

- Высокая надежность работы балок с гофрированными стенками под статическими и динамическими воздействиями, что доказано экспериментально [5];

- Отпадает необходимость в постановке поперечных ребер жесткости, за исключением опорных мест и мест сосредоточения значительных сил;

- Благодаря высокой антикоррозийной защите (оцинкованное покрытие), отпадает необходимость в дополнительной обработке гофробалок;

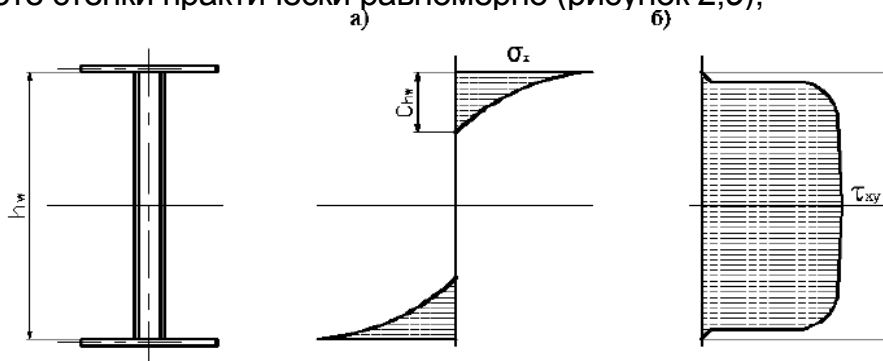
- При больших пролётах (до 40 м) высота классической фермы может достигать 2,4 м и более, в то время как высота балки с гофрированной стенкой такой же жесткости доходит до 1,5 м при толщине стенки 1.5 ÷ 3 мм. Поэтому здание можно сделать ниже, сэкономив на ограждающих конструкциях и на отоплении, так как обогреваемый объем здания будет меньше, а полезный – останется без изменений;

- Ригели каркасов в виде балок с гофрированной стенкой отличаются высокой малоцикловой прочностью при минимальной металлоемкости;

– Внешний вид гофробалок, используемых в зданиях в качестве основных несущих конструкций, может служить их характерным элементом дизайна.

**3. К оценке несущей способности стержней с гофростенкой.** Оценка напряженно-деформированного состояния стержней с гофрированной стенкой рассмотрена в данной статье с позиций анализа основных теоретических предпосылок, многократно подтвержденных теоретически и экспериментально в [1, 2, 3, 4, 5], в которых установлено следующее:

а) нормальные напряжения  $\sigma$ , возникающие от изгиба, наблюдаются в стенке только у поясов (полок) и быстро затухают до нуля, так как стенка поперек гофр сопротивляться не может (рисунок 2,а); касательные напряжения  $\tau$  распределяются по высоте стенки практически равномерно (рисунок 2,б);



**Рисунок 2 – Характер распределения напряжений в сечениях стержней**

б) гофры стенки передают усилия на пояс, заставляя его испытывать определенный, меняющийся по направлениям изгиб в своей плоскости;

с) несущая способность гофрированных стержней в сравнении с балками с тонкой плоской стенкой повышается, так как пояс не испытывает изгиба в плоскости балки, как это происходит в балках с тонкой стенкой, а предельное состояние поперечного сечения не наступает, так как гофрированная в поперечном направлении стенка не приводит к потере ей местной устойчивости под воздействием сосредоточенных сил;

д) характер предельного состояния стержней с гофростенкой зависит от гибкости стенки ( $\lambda_w$ ), параметров гофров, наличия ребер жесткости в зонах сосредоточенных сил и на опорах;

е) стенка и пояса воспринимают только те усилия, которые действуют в плоскости их поперечного сечения, поэтому напряжения от изгибающих моментов и продольных сил воспринимают пояса, а касательные напряжения, вызванные поперечными силами, воспринимаются только стенкой.

ж) экспериментальные исследования показали, что несущая способность Sin-балок несколько выше, чем балок с тонкой или гибкой стенкой, так как в них пояса не испытывают изгиба в плоскости балки [1, 2, 3].

**4. О нормативных документах по расчету стержней с гофростенкой.** Для оценки несущей способности и деформативности стержней с гофрированной стенкой разработана нормативная документация, в основу которой положены теоретические и экспериментальные исследования, анализ и оценка которых кратко изложены в п.3 настоящей статьи. В работе [5] приведены как особенности применения к расчету стальных стержней с гофростенкой норм Еврокода 3, действующих в Республике Беларусь [6], так и нормы проектирования стальных конструкций Российской Федерации [7, 8].



**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** На основании изученного и изложенного в настоящей статье материала можно сделать следующие выводы:

1. Применение в проектировании металлических каркасов в зданиях различного функционального назначения стержней с гофрированной стенкой позволяет существенно снизить материалоемкость (на 15÷30)% на основе более рационального распределения стали как строительного материала;

2. Несущая способность балок с гофрированной стенкой выше, чем балок с плоской стенкой за счет большей местной устойчивости стенки и возможности принять ее более тонкой (2 – 3) мм;

3. Наиболее экономичной формой стальных колонн рам, работающих на горизонтальные сейсмические нагрузки только одного направления, является стальной двутавр с гофростенкой [4];

#### **Список цитированных источников**

1. Кудрявцев, С.В. Расчет двутавровой балки с гофрированной стенкой на изгиб в своей плоскости под действием статических нагрузок (часть I: Методика расчета) / С.В. Кудрявцев; ГОУ ВПО «Уральский государственный технический ун-т – УПИ». – Екатеринбург, 2007. – 17 с.

2. Лазнюк, М.В. Балки з тонкою поперечно гофрованою стінкою при дії статичного навантаження : автореф. дис. на здоб. наук. ступ. к. т. н : спец. 05.23.01 / М.В. Лазнюк. – Київ, 2006. – 18 с.

3. Zeman & Co Gesellschaft mbH. Балки с гофрированной стенкой. Техническая документация. Текст. / Zeman (Zeman Beteiligungsgesellschaft mbH). – Vienna, Austria, 1993. – 13 р.

4. Остриков, Г.М. Стальные сейсмостойкие каркасы многоэтажных зданий / Г.М. Остриков, Ю.С. Максимов. – Алма-Ата (Казахстан), 1985. – 120 с.

5. Уласевич, В.П. Особенности оценки несущей способности стержней с гофрированной (рифленой) стенкой / В.П. Уласевич, С.С. Коханский // Теория и практика исследований, проектирования и САПР в строительстве: сб. статей Международной научно-практической конференции: 27 марта 2020 года. – Брест: БрГТУ; 2020. – С. 189–196.

6. ТКП EN 1993-1-5. Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-5. Пластинчатые элементы конструкций / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2014. – 51 с.

7. Конструкции стальные. Правила проектирования: СП 294.1325800.2017 / Министерство строительства и коммунального хозяйства РФ. Издание официальное. Разработан АО НИЦ «Строительство» – ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко» и др. Российская Федерация. – Москва, 2017. – 167 с.

8. Стальные конструкции: СП 16.13330.2017 – СНиП II-23-81\* Приказ № 126/пр. / Минстрой РОССИИ. – Москва, 2017. – 148 с.

УДК 378.147

**Левчук А. А.**

**Научный руководитель: к.т.н. Акулова О. А.**

### **ПРОГРАММИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ AUTOCAD**

AutoCAD на сегодняшний день является одной из наиболее мощных систем автоматизированного проектирования (САПР) для персональных компьютеров. Ее возможности не ограничиваются созданием 2D- и 3D-графики, а позволяют, в том числе, и реализовывать программирование. Это очень сложные вопросы, требующие подготовки и специальных знаний. Однако применение таких технологий открывает перед инженером совершенно новые



возможности по автоматизации процесса проектирования, а также создания собственных баз данных параметрических объектов.

Для программирования в AutoCAD используют языки, в качестве которых могут выступать как встроенные в AutoCAD, например, Lisp, так и любые другие языки, которые поддерживают технологию ActiveX Automation, реализующую принципы объектно-ориентированного программирования [1].

Объектная модель AutoCAD основана на концепции COM (Component Object Model). Это спецификация метода создания компонентов, из которых строятся приложения. В этой технологии модель работающего приложения представляется совокупностью объектов, свойств, методов и событий. Для каждого из этих элементов имеется свой алгоритм реализации в виде операций и данных, которые обеспечивают взаимодействие с пользователем.

На сегодняшний день в AutoCAD имеется возможность создания приложений на любом языке программирования, который поддерживает интерфейс ActiveX Automation. К таким языкам относят AutoCAD VBA, Java, C++, MSWord VBA, Visual Basic, Delphi, Excel VBA и некоторые другие.

Язык Lisp – один из старейших языков программирования и первый функциональный язык, получивший широкое распространение. Ядро языка было создано в 60-х годах прошлого века известным ученым Дж. Маккарти для решения задач обработки символьной информации. Основная структура данных языка Lisp – список, отсюда и его название. Lisp – один из наиболее ярких представителей функциональной парадигмы программирования. Простота и ясность синтаксиса сочетаются в нем с мощностью языковых средств и естественностью его расширения. Одна из наиболее замечательных особенностей Lisp – это единая синтаксическая форма записи программ и данных, что позволяет обрабатывать структуры данных как программы и модифицировать программы как данные [2].

Пик популярности LISP пришелся на 70-е и 80-е годы, когда он применялся как основной язык для научных исследований в области искусственного интеллекта. В эти годы было разработано несколько достаточно развитых диалектов языка, из которых наиболее известны InterLisp, MacLisp, Common Lisp. Хотя язык Lisp существует и развивается давно, тем не менее он не был стандартизован, и его диалекты различаются по ряду аспектов. Официальный стандарт разработан только для языка Common Lisp.

Для САПР AutoCAD используется диалект AutoLisp, дополненный некоторыми функциями, отражающими его специфику. Он позволяет создавать специализированные меню в среде AutoCAD, новые команды графического редактора, осуществлять доступ к графической базе данных и моделировать ее.

Visual Lisp – это интегрированная среда разработки программ на языке программирования AutoLisp в системе AutoCAD. Она значительно облегчает процесс создания, изменения, тестирования и отладки программы. Visual Lisp имеет собственный набор окон и меню, который отличается от соответствующего набора AutoCAD. Однако запуск интегрированной среды Visual Lisp производится из системы AutoCAD.

Алгоритм создания приложения AutoLisp в интегрированной среде разработки приложений Visual Lisp можно представить в следующем виде [3, 4]:

1. *Подготовка файла* – выполнение необходимых геометрических построений, подготовка видовых окон и другие требуемые команды.

2. *Набор текста программы:*

- команда *vlisp* – производит открытие окна редактора *Visual Lisp*;
- *File / New file* – создается текстовое окно;

- *File / Save* – файл сохраняется в нужной директории;
- набирается текст программы.

Следует отметить, что имена функций, переменных и числа необходимо разделять как минимум одним пробелом. Текст программы следует набирать только в английском регистре. Текст, следующий за «;», является комментарием для понимания функционирования программы.

Ниже приведен пример одной из программ, позволяющей создавать диалоговые окна для построения по заданным размерам аксонометрического изображения параллелепипеда.

### Программа

Создание диалогового окна для указания размеров аксонометрии параллелепипеда:

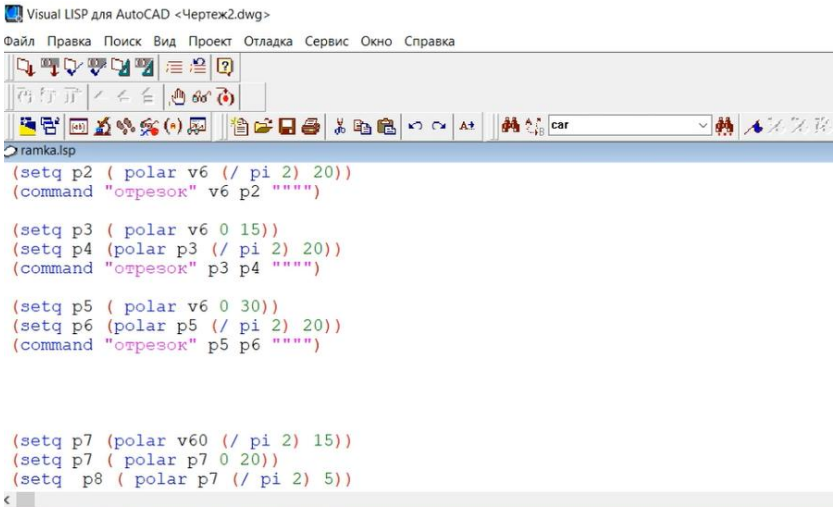
```

paral: dialog
{label = "name"; // начало диалога, название диалогового окна: "name"
  : spacer{height=1;} // вставка пустой строки высотой 1 пункт
  : text {label = "Введите размеры:"; key = "t1";} // создание текстового поля с ключом t1
(здесь ключ не играет никакой роли, а нужен только для синтаксиса)
  : edit_box {label = "Длина мм:"; key = "eb_DI"; edit_width=10; value = "";} // редактируемые
текстовые поля
  : edit_box {label = "Ширина:"; key = "eb_Sh"; edit_width=10; value = "";}
  : edit_box {label = "Высота мм :"; key = "eb_Hi"; edit_width=10; value = "";}
  : spacer{height=1;}
ok_cancel; // добавление кнопок OK и Cancel
}

```

3. *Отладка программы.* Указываем соответствующую кнопку на панели инструментов *Visual Lisp*, которая запускает окно *Build Output*, при отсутствии в тексте программы синтаксических ошибок выводится сообщение «Check done», иначе выводится сообщение с указанием ошибки;

4. *Загрузка программы в оперативную память.* Указываем соответствующую кнопку на панели инструментов *Visual Lisp*, которая загружает программу (рис. 1). Откроется окно *Visual Lisp Consol* с сообщением о результате загрузки.



```

Visual Lisp для AutoCAD <Чертеж2.dwg>
Файл  Правка  Поиск  Вид  Проект  Отладка  Сервис  Окно  Справка
[Icons]
[Icons]
[Icons]
> ramka.lsp
(setq p2 ( polar v6 (/ pi 2) 20))
(command "отрезок" v6 p2 "" "")

(setq p3 ( polar v6 0 15))
(setq p4 ( polar p3 (/ pi 2) 20))
(command "отрезок" p3 p4 "" "")

(setq p5 ( polar v6 0 30))
(setq p6 ( polar p5 (/ pi 2) 20))
(command "отрезок" p5 p6 "" "")

(setq p7 ( polar v60 (/ pi 2) 15))
(setq p7 ( polar p7 0 20))
(setq p8 ( polar p7 (/ pi 2) 5))

```

**Рисунок 1. Пример программного приложения в AutoCAD**

## 5. Выполнение программы:

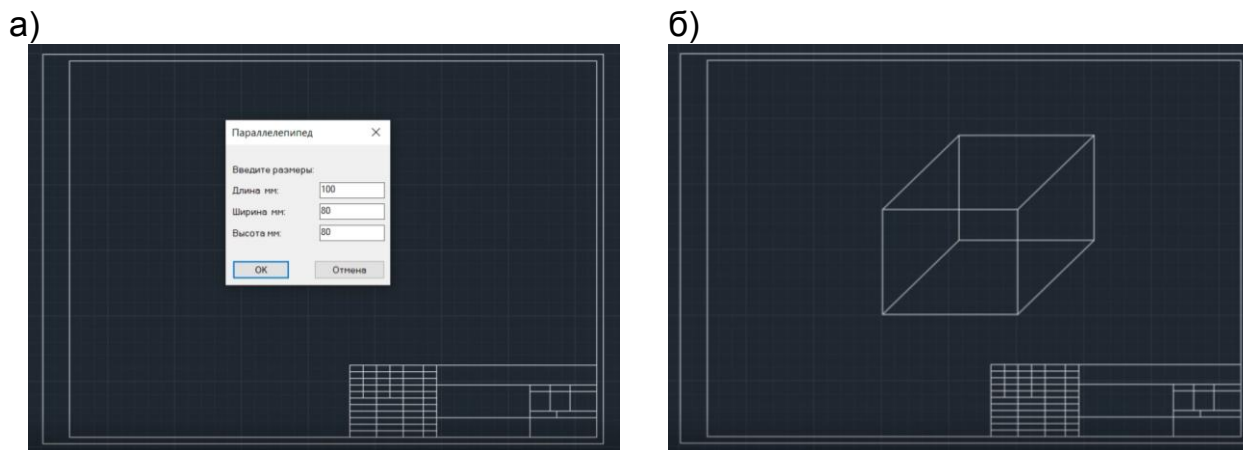
- Вводим в командной строке имя программы;
- Вводим необходимые параметры.

При выполнении программы может возникнуть сообщение о новых ошибках, из-за которых выполнение прерывается. Чтобы найти и устранить наиболее сложные ошибки, можно применить соответствующий режим отладки – *Tools \ Environment Options \ General Options \ Diagnostic \* задаем *Animation Delay* равным 1 – 10.

При отладке происходит выполнение программы в замедленном режиме. Выполняемые функции последовательно с установленной задержкой высвечиваются в тексте программы. В случае ошибки выполнение программы прерывается, ошибочная строка текста остается выделенной.

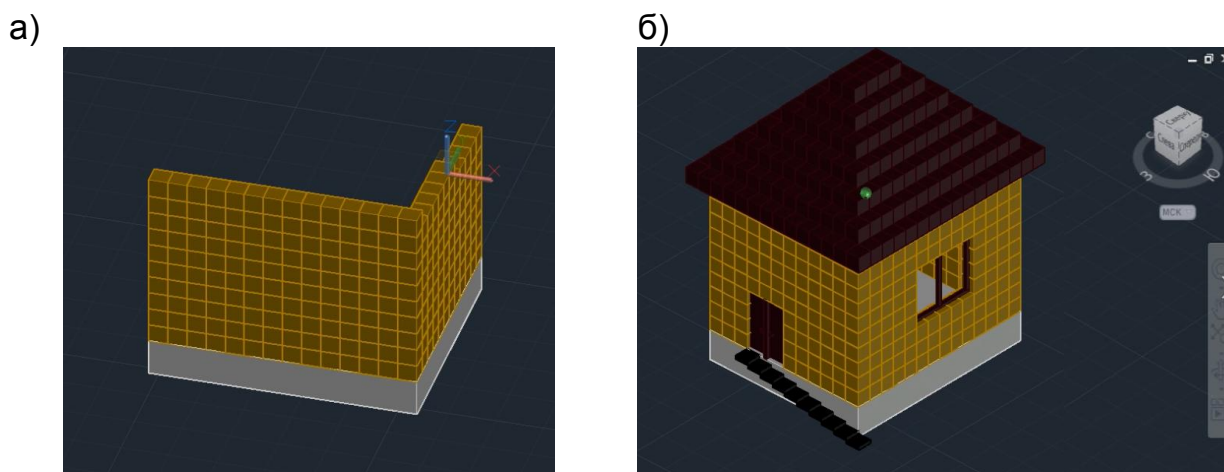
На рисунках 2 и 3 приведены некоторые примеры 2D- и 3D-параметрических моделей, выполненных мною в рамках научно-исследовательской работы.

Таким образом, программирование в AutoCAD, являясь достаточно сложной задачей, ориентированной для продвинутых пользователей, вместе с тем позволяет в значительной степени повысить эффективность работы в САПР путем программирования чертежей с параметризацией, анализа и автоматического преобразования изображений, создания графических баз данных.



**Рисунок 2 – Пример 2D параметрической модели в AutoCAD**

Перспективным направлением в этой области также является программное создание анимации, что станет предметом дальнейших научных исследований.



**Рисунок 3 – Пример 3D параметрической модели в AutoCAD**

### **Список цитированных источников**

1. Минеев, С.П. Основы программирования в AutoCAD. Технология ActiveX Automation и VBA в среде проектирования AutoCAD для решения задач электромеханики : учеб. пособие / С.П. Минеев ; Самар. гос. техн. ун-т. – Самара, 2015. – 83 с.
2. Пакулин, В.Н. Программирование в AutoCAD / В.Н. Пакулин. – М. : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. – 472 с.
3. Хейфец, А.Л. Инженерная 3D-компьютерная графика : учеб. пособие для бакалавров / А.Л. Хейфец, А.Н. Логиновский, И.В. Буторина, В.Н. Васильева ; под ред. А.Л. Хейфеца. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2017. – 464 с.
4. Акулова, О.А. Особенности создания пользовательских баз данных в САПР на примере AutoCAD / О.А. Акулова, М.Ю. Гришкевич, Е.Д. Эйсмонт // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы : сборник трудов Международной научно-практической конференции, 20 апреля 2018 года, Брест, Республика Беларусь, Новосибирск, Российская Федерация / отв. ред. О.А.Акулова. – Брест : БрГТУ, 2018. – С. 12-15.

УДК 72.025.4

**Манчак Т. А.**

**Научный руководитель: к.т.н, доцент Шалобыта Т. П.**

## **МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ В РЕСТАВРАЦИОННЫХ РАБОТАХ**

1. Введение. Вследствие многочисленных войн, происходивших на территории Беларуси, многие архитектурные памятники были повреждены либо полностью уничтожены, поэтому в настоящее время их важно сохранять и поддерживать в надлежащем состоянии.

В последние годы в Республике Беларусь возрос объем работ по сохранению, реставрации и восстановлению памятников архитектуры. Сегодня в стране одновременно реконструируют и реставрируют десятки исторических объектов.

Реставрационные работы требуют как традиционных, так и новых современных высококачественных строительных материалов и изделий. При этом очень важен правильный их выбор, совместимость с древними материалами, соблюдение технологий, от которых зависит качество работ, долговечность зданий и сооружений и их внешний облик [1]. В реставрационных работах предпочтительнее использовать соответствующие эпохе строительные материалы. Если же применяются современные материалы, то внешне они должны быть идентичны тем материалами, из которых были возведены реставрируемые сооружения.

### **2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

#### **2.1. Сохранение многослойных росписей**

В нашей стране фресковая живопись, находящаяся на стенах зданий и сооружений, обладает особой художественной и исторической ценностью ввиду своей малой распространенности. Красочный слой и штукатурка со временем разрушаются, поэтому их необходимо своевременно реставрировать. К основным причинам разрушения фресок относятся: окисление, эрозия, влияние климатических условий, агрессивных сред, повышенной или низкой температуры, и температурных колебаний и т. д. Красочный слой постоянно находится под влиянием непрерывно изменяющихся внешних условий. Это осложняет выбор материалов и методов реставрации и вызывает необходимость периодического повторения восстановительных работ.

Спасо-Преображенская церковь Полоцкого Спасо-Преображенского монастыря – единственный в Беларуси памятник XII века, где почти полностью сохранилась оригинальная фресковая роспись. Стены храма были расписаны изображениями святых и библейскими сюжетами в византийском стиле приглашенными греческими мастерами [2, 3]. К началу XX века на стенах храма образовалось три культурных слоя разных веков.

Первый относится к XII веку. Росписи дошли до наших дней – снизу доверху храма, за исключением небольших утрат. Второй и третий слои – это более поздние записи, выполненные масляными красками поверх средневековых фресок, они сделаны в 1833 и 1885 годах – во время ремонтов храма. Интерес представляют также и граффити, выцарапанные на стенах в период владения монастырем иезуитами (1580–1820).

Техника фрески обычная: подготовка состоит из цемяночного раствора. Мастера XII века писали натуральными красками по сырой штукатурке, что обеспечивало сохранность росписи на многие века. Графьей (иголка, вставленная ушком в деревянный черенок) предварительно наносили абрис. Это делалось для того, чтобы после наложения красок был виден легкий след рисунка. Использовались светло-желтая, коричневая, черная, белая, зеленая, синяя и красная краски. Древние мастера писали в основном в системе контрастных цветовых сочетаний, используя разнообразные смешанные цвета, сильно высветленные большими добавлениями известковых белил. При этом фоновые части обладали интенсивностью и насыщенностью за счет применения традиционной двухэтапной техники раскраски, когда нижний слой (рефть) наносился непосредственно по сырой штукатурке, а верхний слой – яркая голубая краска, приготовленная из натурального лазурита, – накладывалась сверху тонким бархатистым слоем уже по подсохшему грунту [3].

Предпосылками к реставрации фресок послужил научный интерес, а также процесс самораскрытия фресок (заклучался в осыпях масляной записи, плохо держащейся на стене).

Перед реставраторами возникла очень ответственная задача – расчистить фрески XII века от более поздних записей, не повредить первый слой и в то же время сохранить второй и третий. Древние фрески на непрочной, хрупкой штукатурке можно сохранить только при немедленной консервации после их открытия.

Раскрытие фресок было начато в 1929 году. Тогда были раскрыты два сравнительно небольших участка. Дальнейшие пробные раскрытия были сделаны в 1937, 1939, 1940 гг.

Однако в то время технологии не позволяли сохранить все три культурных слоя. Верхние, более поздние изображения, уничтожались – их срезали стружкой на пол. Сохранение всех слоев изображения стало возможным лишь в начале XXI века благодаря применению более мягких растворителей.

Планомерная реставрация стенописи началась лишь в 1992 году. Но проводилась она еще по старой технологии. Недостаток в том, что росписи снимались малыми фрагментами (5-10 кв. дециметров), и затем возникала необходимость их скрепления. В итоге получалось большое количество швов, мешающих единому восприятию образов. К тому же данный процесс занимал продолжительное время.

В 2008–2009 годах была окончательно разработана методика отслоения, что позволило сохранять запись XIX века при раскрытии древней росписи, а затем экспонировать ее как движимый памятник. Это стало возможным из-за

появления новых реставрационных материалов, в том числе специально подобранных композиций растворителей.

Технология работ включает поэтапное открытие слоев. Сначала на лицевую сторону верхнего слоя (роспись маслом) наносится марля. Потом подбирается композиция растворителей так, чтобы она размягчала масляную запись, но не воздействовала на фреску. В полоцком храме фреска очень прочная – это значительно облегчает работу. На участок стены наносится на строго определенное время компресс с растворителями. Время подбирается опытным путем. Масляная запись размягчается, но остается приклеенной к марле. Затем этот размягченный участок начинают сверху аккуратно подрезать скальпелем, постепенно отгибая от стены марлю вместе со срезанной частью росписи, и осторожно продвигаются вниз. Это делают два человека, каждый со своей стороны. Постепенно все отрезается от стены и сворачивается тут же в рулон. Затем этот размягченный участок окончательно снимают со стены. В среднем в день реставратор отслаивает от 15 до 25 квадратных дециметров. Все зависит от места в храме, где расположена роспись, ее состояния и др. Далее тыльной стороной живопись наклеивается на холст, после чего марлевая ткань с лицевой стороны удаляется, отслоенный материал закрепляется на новой основе [3].

Уникальность метода:

- сохранение всех трех слоев (при этом два верхних слоя 1833 и 1885 годов не только отделяются от слоя масляной росписи XII века, но и разделяются между собой),
- возможность отделения записей от стен большими площадями.

Следует отметить, что данный метод не в последнюю очередь стал возможен благодаря применению новых растворителей. Внимания также заслуживает и то, что обычно в мировой практике широко используются различные методы отслоения в таких местах, где авторская роспись была заштукатурена и поверх толстого слоя штукатурки расписана заново. При этом верхний слой хорошо снимается, потому что он лежит на штукатурке. В данном случае проблема в том, что масляная краска была положена прямо на первый слой фресок. Реставраторам необходимо соблюдать максимальную осторожность, чтобы не повредить нижнюю фреску.

По состоянию на 2020 год росписи внутри храма раскрыты на 80%. Остались участки, к которым затруднен доступ. В частности, это фрагменты, расположенные ниже пола, – он был поднят во время перестройки церкви в XVIII веке. Из-за опасности разрушения невозможно работать и с нишами-усыпальницами. Завершение реставрационных работ намечено на 2025 год. После раскрытия фресок требуется соблюдать особые условия их хранения, а именно – учитывать и поддерживать климатические условия: температуру и влажность.

## **2.2 Сохранение рекламных надписей на фасадах зданий как элемент повышения историко-культурной ценности зданий**

При капитальном ремонте жилых и общественных кирпичных зданий в историческом центре Бреста под слоями штукатурки часто обнаруживают рекламные надписи на различных языках (на польском и на иврите). Они относятся к межвоенному периоду в истории города (20...30-е гг. прошлого века).

Ранее (10-15 лет назад) при проведении текущих ремонтов на подобные объекты не обращали особого внимания: надписи просто покрывались новыми слоями штукатурки. В последнее время, благодаря позиции руководства города, ситуация изменилась. В 2015-2019 годах при капитальном ремонте жилых домов по улицам 17 Сентября, Карла Маркса, Советской, когда под слоем штукатурки

были обнаружены надписи на польском языке, служившие когда-то вывесками, было решено их сохранить в ходе ремонта и реставрации фасадов.

Надписи интересны своим начертанием (попадается стиль модерн 20-х годов, брусковый шрифт), орфографией. Они дают современникам представление, чем жил город в польский период его истории. Перед началом работ проводились физико-химические исследования проб штукатурного слоя для определения первоначального его состава и цвета. Вследствие различной сохранности надписей работы проводились в несколько этапов: сначала надпись консервировали, затем восстанавливали. В то время художники использовали для нанесения на кирпич краску на основе сажи, связующим компонентом служило яйцо. Писали кисточкой вручную. При восстановлении фасадов применялись также материалы на основе извести. Надписи восстанавливали силикатными красками – они максимально приближены к оригинальным. Учитывая, что основная часть архитектурного фонда была разрушена в военное время, путь сохранения элементов фасадов зданий позволяет повысить историко-культурную ценность зданий.

### **2.3. Применение лазера при реставрации объектов исторического и культурного наследия**

Метод лазерной абляции – удаление вещества с поверхности лазерным импульсом низкой мощности [4]. При этом над облучаемой поверхностью при этом образуется слабая плазма. Метод лазерной очистки реставраторы стали применять на рубеже веков. В реставрационных работах данный метод более предпочтителен, чем химические или механические средства, воздействие которых может иметь непредвиденные последствия.

Проблема защиты памятников от биологических повреждений остается одной из самых актуальных задач современной реставрации. Микроорганизмы разрушают материалы, из которых сделаны объекты культурного наследия: мрамор, керамику, металлы.

Химические методы защиты, основанные на использовании биоцидной обработки поверхности памятников (активные химикаты убивают бактерии и плесень), малоэффективны, а в ряде случаев их использование может приводить к повреждению исторических объектов. То же касается и механических методов очистки с помощью скребка: реставратор счищает образовавшийся налет с помощью скребка, что достаточно разрушительно действует на различные поверхности. Поэтому уничтожать микроорганизмы, производить очистку от других загрязнений предлагается с помощью лазера.

Для реставрации особо хрупких памятников культурного наследия используется селективная лазерная очистка, то есть избирательное воздействие луча лазера на слой загрязнения и очищаемую поверхность. При этом происходит нагрев загрязняющего вещества и отделение частиц. Важнейшими параметрами при реставрации являются уровень энергии, длительность импульса и, в меньшей степени, частота его повторения [4]. Это позволяет эффективно и быстро удалять загрязнения разной природы. Поскольку силу и частоту импульса в используемых приборах можно регулировать, метод представляется наименее травматичным из всех известных. С его помощью можно успешно реставрировать археологические находки, камень, металл, фресковую живопись, фарфор, фаянс, керамику. Однако нужно тщательно исследовать воздействие лазера на памятники в отдаленной перспективе. Стоит учитывать, что традиционные методы очистки — механические и химические — на сегодняшний день имеют преимущество перед лазерным, поскольку они многократно опробованы, их эффек-



тивность проверена и доказана. В перспективе лазер может эффективно применяться при реставрации скульптур и памятников из гипса. Последний является пористым материалом, который хорошо впитывает в себя грязь и пыль. Очищать его традиционными способами, то есть с помощью химических растворов, нельзя – это приведет к разрушению материала.

В 2013 году данный метод использовался также для очищения фресок в Вилле Мистерий (Помпеи). Лазер пригодился для возвращения цветам былой яркости, а также для обнаружения и удаления следов прежних реставраций. Наибольшее распространение в будущем данного метода просматривается для использования при реставрации камня и металла.

### **3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Памятники архитектуры сквозь века доносят исторические и культурные особенности прошлого. Состояние современной реставрации – это не застывший, а постоянно развивающийся процесс. Уникальные материалы и методики по отслоению и переносу на новую основу фрагментов живописи в Полоцком Спасо-Преображенском монастыре позволили сохранить все три живописных слоя, причем записи были отделены большими площадями. Открыты исторические надписи на фасадах в нашем городе, выполнено очищение фресок в Вилле Мистерий. На сегодняшний день невозможно обойтись без применения современных материалов и технологий, которые позволяют минимизировать вмешательство в исторический материал и сохранить уникальные объекты, которые без развития материаловедения и технологии были бы обречены на разрушение.

#### **Список цитированных источников**

1. Широкий, Г.Т. *Материаловедение в отделочных и реставрационно-восстановительных работах* / Г.Т. Широкий, П.И. Юхневский, М.Г. Бортницкая. – Минск, 2010.

2. Монгайт, А. Л. *Фрески Спасо-Евфросиниевского монастыря в Полоцке* // *Культура Древней Руси*. – М., 1966.

3. *Фрески Спасо-Преображенского храма* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://spas-monastery.by/the\\_architectural\\_complex\\_of\\_the\\_monastery/saviour\\_transfiguration\\_church/frescoes.php](http://spas-monastery.by/the_architectural_complex_of_the_monastery/saviour_transfiguration_church/frescoes.php)

4. *Очищенное искусство: разрушение памятников культуры останоят лазером* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iz.ru/902313/mariia-nediuk/ochishchennoe-iskusstvo-razrushenie-pamiatnikov-kultury-ostanoviat-lazerom>

УДК 378.147

**Назарук К. Р.**

**Научный руководитель: к.т.н. Акулова О. А.**

## **ДИЗАЙН ЭКСТЕРЬЕРА И ВНУТРЕННЕГО ИНТЕРЬЕРА ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ**

В настоящее время уже невозможно представить себе ни одного профессионального инженерного проекта без различного рода сопутствующей фотореалистичной визуализации, начиная с узлов и интерьеров, заканчивая зда-

ниями и ландшафтами. В связи с этим технические средства, позволяющие их создавать, постоянно совершенствуются, растет их ассортимент и возможности. Поэтому будущему инженеру и архитектору необходимо ориентироваться во всем этом многообразии программного обеспечения (ПО), использовать его с умом и эффективно для достижения наивысших результатов.

Рассмотрим самые популярные программы для моделирования, 3D-визуализации, анимации и постобработки изображений.

Одной из простейших программ, позволяющих моделировать относительно простые трехмерные объекты, является *SketchUP* [1]. Она позволяет моделировать здания и сооружения, осуществлять инженерное проектирование, дизайн интерьеров, ландшафтный дизайн, а также моделировать изделия для печати на 3D-принтере. Ее особенностью является возможность использования совместно с Google Планета Земля, а также импортирования моделей в другие графические пакеты.

*Rhinoceros (Rhino)* – программное обеспечение для трехмерного NURBS-моделирования, в нем имеется свой язык скриптов, основанный на Visual Basic. ПО может работать с почти 30 различными форматами и часто используется совместно с расширением *Grashopper Live Connection*, которое позволяет преобразовывать базовые геометрические формы в BIM-элементы.

Также можно упомянуть свободное и открытое ПО *Blender* для трехмерного моделирования, анимации, постобработки.

Если наша цель – получение высококачественных рендеров, автоматическая настройка освещения и отражений, получение фотореалистичных сцен, панорамы виртуальной реальности, а также анимации, то здесь полезными могут оказаться такие программы, как *Cinema 4D*, *Twinmotion*, *Lumion*, *Artlantis*.

Нужно отметить, что уже пришла новая эпоха в проектировании – информационное моделирование зданий и сооружений (BIM-технология). Так, в Беларуси с 1 марта 2016 года введен СТБ 12911-2015 «Основные положения руководства по информационному моделированию зданий», разработанный на основе международного стандарта ISO 12911-2012 «Framework for building information modeling guidance», который устанавливает основы, определяющие технические условия для внедрения BIM.

Также Приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 16 марта 2018 г. № 70 утвержден план внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства.

Стоит отметить, что в Российской Федерации уже с 16 июня 2018 введен в действие Свод правил СП 328.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели», который содержит единые требования, правила и рекомендации по созданию компонентов, используемых для формирования информационных моделей объектов строительства.

Поэтому особую актуальность в настоящее время имеют такие мощные BIM-инструменты, как *ARCHICAD* и *Revit*. Однако, получая в них сложную концептуальную геометрию, мы ограничены в инструментах фотореалистичной визуализации, для которой необходимо использовать дополнительное ПО.

Большое распространение имеют пакеты *Adobe* – *Photoshop* для обработки растровых изображений и *Illustrator* для работы с векторной графикой.

Ну и конечно же наиболее мощным инструментом является *Autodesk 3Ds Max* – профессиональное ПО для 3D-моделирования, анимации и визуализации при создании компьютерных игр и проектировании [2].

Он имеет большое число специализированных модулей, среди которых можно выделить *V-Ray* – высококачественный фотореалистичный визуализатор и *Corona Render* – высокопроизводительный фотореалистичный рендер.

В рамках студенческой научной работы мной была разработана трехмерная модель здания в программе *SketcUP* [1, 3], которая была импортирована в *3Ds Max* с целью дизайна экстерьера (рисунки 1 и 2) и внутреннего интерьера зданий (рисунок 3) [2, 4]. Для создания фотореалистичных изображений использовался программный модуль *Corona Render*.



**Рисунок 1. – Пример 1 дизайна экстерьера здания в 3Ds Max**

Следует отметить, что фотореалистичная визуализация изображений очень сложная задача, требующая большого объема знаний, а также практических навыков и умений. Мною были изучены и применены в процессе выполнения работы ряд инструментов:

– *Diffusie* – отвечает за визуальные текстуры, то есть мы можем использовать картинку или тон для покрытия предмета; *Level* – отвечает за процентное соотношение цвета (1,0=100% – сам цвет, 0,0=0% – отсутствие цвета);

– *Translucency* – отвечает за смешивание цветов или текстур;

– *Fraction* – процентное соотношение смешивания (1,0=100% – полное замещение цвета или текстуры, 0,0=0% - отсутствие смешивания);

– *Reflection* – отвечает за отражение; *Level* – отвечает за процентное соотношение интенсивности отражения (1,0=100% – полное отражение, 0,0=0% – отсутствие отражения);



- *Glossiness* – отвечает за процентное соотношение гляцевитости (1,0=100% – зеркальная поверхность, 0,0=0% – матовая поверхность);
- *Enablem* – отвечает за преломление света;
- *Tchin* – отвечает за отсутствие рефракции;
- *Caustics* – отвечает за каустику;
- *Displacement* – отвечает за рельеф; *Min level* – минимальная глубина; *Max level* – максимальная высота;
- *Water level* – отображает сам рельеф, при этом объект становится невидимым;
- *Bump* – отвечает за текстуры (можно вводить значения от 0,0 до 90,0 по мере возрастания интенсивности текстуры).



**Рисунок 2 – Пример 2 дизайна экстерьера здания в 3Ds Max**

В заключение следует отметить, что *3Ds Max* является довольно простой по интерфейсу программой, являющейся при этом мощным инструментом для создания фотореалистичных изображений, которые в настоящее время стали неотъемлемой частью не только архитектурного дизайна, но и проектирования вообще. Изображения высокого качества требуют большого комплекса знаний и умений не только в области программного инструментария, но и в теории построения теней, перспективы, цвета. В работе на первоначальном этапе изучения современного ПО для 3D-моделирования и визуализации получены изображения экстерьера и внутренних интерьеров довольно простого здания. Дальнейшее совершенствование в этой теме требует более глубокого изучения теории создания фотореалистичных изображений и будет являться предметом дальнейших исследований.



**Рисунок 3 – Пример дизайна интерьера в 3Ds Max**

**Список цитированных источников**

1. Тозик, В.Т. Самоучитель SketchUp / В.Т. Тозик, О.Б. Ушакова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 192 с.
2. Горелик, А.Г. Самоучитель 3ds Max 2018 / А.Г. Горелик. – СПб.: БХВ-Петербург, 2018. – 528 с.
3. Нойферт, П. Проектирование и строительство. Дом, квартира, сад: Перевод с нем. – Третье изд., переработанное и дополненное / П. Нойферт, Л. Нефф. – М.: Издательство «Архитектура-С», 2005. – 264 с.
4. Макарова, В.В. Дизайн помещений: стили интерьера на примерах / В.В. Макарова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 160 с.

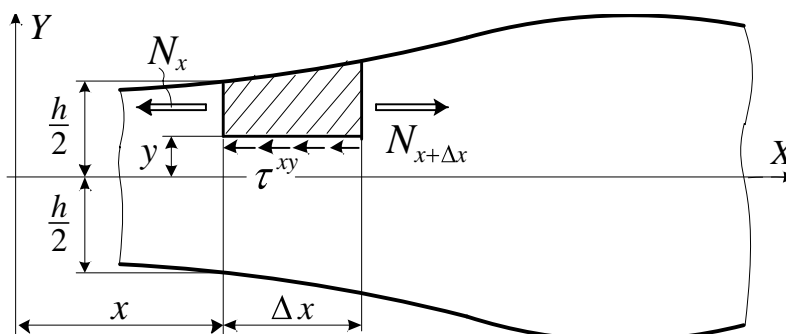
УДК 681.3:624.04

**Николаенко Е. А.**

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

**ОБ ОЦЕНКЕ ФОРМУЛЫ ЖУРАВСКОГО  
ДЛЯ ПЛОСКИХ ПРЯМОЛИНЕЙНЫХ ИЗГИБАЕМЫХ СТЕРЖНЕЙ**

Рассмотрим случай изгиба стержня (рисунок 1) в плоскости  $(X, Y)$ , введя обозначения:  $X$  – продольная ось стержня, проходящая через центры тяжести поперечных сечений стержня;  $Y$  и  $Z$  – главные центральные оси инерции сечений стержня. Считается, что оси  $Y$  и  $Z$  не поворачиваются при переходе от одного сечения стержня к другому.



**Рисунок 1 – Элемент прямолинейного стержня**

Выполним анализ известной формулы Журавского, которая имеет вид [1]:

$$\tau = \frac{QS}{Ib}, \quad (1)$$

где  $Q$  – поперечная сила в сечении;  $S$  – статический момент отсеченной части сечения на уровне определения напряжений;  $I$  – момент инерции сечения;  $b$  – ширина сечения на уровне определения напряжений.

При выводе и использовании данной формулы часто не говорится об ограничениях ее применения, при этом эта формула лежит в основе вывода ряда зависимостей, в том числе для определения перемещений в изгибаемых стержневых системах, связанных с учётом влияния сдвиговых деформаций.

Проанализируем эти ограничения, являющиеся дополнительными по отношению к предположениям, описывающим гипотезу плоских сечений [2], приняв следующие предположения:

- касательные напряжения считаются распределёнными равномерно по ширине поперечного сечения изгибаемого стержня, и функция  $\tau^{xy} = \tau^{xy}(x, y)$  соответственно не зависит от координаты  $z$ , а компонента  $\tau^{xz}$  не определяется в рамках рассматриваемой теории изгиба стержней;
- совокупность внешних воздействий на стержень не содержит распределённой моментной нагрузки  $m$  в рассматриваемом сечении;
- считается, что поперечное сечение стержня не меняется по длине стержня в окрестности рассматриваемого сечения.

Выполним анализ сначала первого из этих трёх предположений, равномерность распределения касательных напряжений  $\tau^{xy}$  по ширине обсудим позже.

Из гипотезы плоских сечений следует, что каждое поперечное сечение стержня ведёт себя как абсолютно твёрдое (недеформируемое) тело. Это означает, что сдвиговые деформации  $\gamma$  тождественно равны нулю и, следовательно, соответствующие касательные напряжения  $\tau$  не могут быть определены на основании физического закона, связывающего деформации  $\gamma$  и напряжения  $\tau$ , то есть закона Гука для линейно деформируемого материала. При этом касательные напряжения могут быть найдены из уравнений равновесия. Для этого выделим элементарный участок стержня  $\Delta x$  (рисунок 1), ограниченный двумя поперечными сечениями  $x$  и  $x + \Delta x$  соответственно, и отсекаемый от остальной части стержня горизонтальной плоскостью, находящейся на расстоянии  $y$  от плоскости  $(X, Z)$  (на рисунке 1 выделенный элемент стержня заштрихован).

Усилие  $N_x$ , действующее в левом сечении выделенного элемента, определяется путем интегрирования нормальных напряжений по площади элемента:

$$N_x = \int_{A_0} \sigma^x dA = \int_{A_0} \frac{My}{I_z} dA = \int_{A_0} y dA = \frac{MS_{z_0}}{I_z}.$$

Здесь  $A_0$  и  $S_{z_0}$  – площадь и статический момент левого сечения отсечённой части стержня относительно нейтральной оси  $Z$  полного сечения стержня.

Продольное усилие  $N_{x+\Delta x}$ , действующее в правом сечении  $(x + \Delta x)$ , равно:

$$N_{x+\Delta x} = N_x + \frac{dN_x}{dx} \Delta x.$$

Результирующее продольное усилие, действующее на выделенный элемент стержня, будет равно:

$$\Delta N = \frac{dN}{dx} \Delta x.$$

Если считать, что длина выделенного участка стержня  $\Delta x$  представляет собой величину первого порядка малости, то, отбрасывая малые более высокого порядка, равнодействующую касательных напряжений  $\tau_{xy}$ , действующих по горизонтальному сечению выделенной части стержня, можно определить как  $\tau_{xy} b \Delta x$ , где  $b = b(x, y)$  – ширина поперечного сечения стержня, являющаяся в общем случае функций двух координат  $x$  и  $y$ .

Считая, что на наружной поверхности стержня нет нагрузки вдоль оси  $X$ , и, составляя уравнение равновесия выделенного элемента в проекции на эту ось:

$$\frac{dN}{dx} \Delta x - \tau_{xy} b \Delta x = 0, \quad \text{приходим к формуле:} \quad \tau^{xy} = \frac{1}{b} \frac{dN_x}{dx} = \frac{1}{b} \frac{d}{dx} \left( \frac{MS_{zo}}{I_z} \right), \quad (2)$$

а с учетом зависимости  $M' = Q + m$  и дифференцирования по частям получаем:

$$\tau^{xy} = \frac{1}{b} \left[ \frac{Q + m}{I_z} S_{zo} + M \frac{d}{dx} \left( \frac{S_{zo}}{I_z} \right) \right].$$

Выполним анализ отдельных компонент этой формулы. Заметим, что моментная нагрузка  $m$  создаётся силовыми парами, приложенными непосредственно к продольной оси стержня, однако возможен и другой способ создания этой нагрузки, при котором внешний распределённый момент  $m$ , как мы увидим далее, может быть исключен из рассматриваемой формулы.

Для упрощения рассуждений будем считать, что ось  $Z$  является осью симметрии сечения стержня. Тогда моментную нагрузку  $m$  можно представить себе как результат действия продольной нагрузки  $q_x$ , при этом под  $q_x$  понимается интенсивность продольной нагрузки по отношению к единице объёма материала изгибаемого стержня. Принимается равномерное распределение этой нагрузки по высоте сечения, будем считать, что функция  $q_x = q_x(x, y)$  является кососимметричной функцией координаты  $y$ , то есть

$$q_x(x, y) = -q_x(x, -y). \quad (3)$$

Моментная нагрузка  $m$  тогда определяется зависимостью:

$$m = - \int_{-h/2}^{h/2} q_x(x, y) b(y) dy,$$

где  $h = h(x)$  – высота сечения стержня.

Учитывая нагрузку  $q_x$  в уравнении равновесия выделенного элемента стержня, приходим вместо формулы (2) к формуле:

$$\tau^{xy} = \frac{1}{b} \frac{dN_x}{dx} + \frac{1}{b} \int_y^{h/2} q_x(x, y) b(y) dy = \frac{1}{b} \frac{d}{dx} \left( \frac{MS_m}{I_z} \right) + \frac{1}{b} \int_y^{h/2} q_x(x, y) dy,$$

которую после подстановок и преобразований приведем к виду:

$$\tau^{xy} = \frac{1}{b} \left[ \frac{QS_{zo}}{I_z} + M \frac{d}{dx} \left( \frac{S_{zo}}{I_z} \right) + \frac{mS_{zo}}{I_z} + \int_y^{h/2} q_x(x, y) b(y) dy \right]. \quad (5)$$

Если положить  $q_x = 0$  и считать, что стержень имеет постоянное сечение, то формула (5) упростится и перейдёт в известную формулу Журавского (1).



Покажем, что в рамках теории изгиба стержней Бернулли-Эйлера два последних члена в квадратных скобках в формуле (5) могут быть отброшены. Для этого представим продольную нагрузку  $q_x = q_x(x, y)$  разложением в степенной ряд по координате  $y$ , причём в силу кососимметричности этой функции по координате  $y$  ряд этот будет содержать только члены с нечётными степенями  $y$ :

$$q_x(x, y) = \alpha_1 x y + \alpha_3 x y^3 + \dots \quad (6)$$

Многоточием обозначены оставшиеся члены этого ряда с более высокими степенями  $y$ . Но в рамках теории изгиба стержней Бернулли-Эйлера в этом разложении должен быть удержан всего лишь первый (линейный по  $y$ ) член ряда, а все остальные члены отброшены.

Действительно, согласно гипотезе плоских сечений каждое поперечное сечение при изгибе обладает всего одной степенью свободы в отношении перемещений  $u$  вдоль оси  $X$ , а именно жестким поворотом всего сечения на угол  $\theta$  вокруг оси  $Z$ , то есть:

$$u = -\theta y.$$

Это означает, что уже первым членом ряда (6) исчерпываются все те обобщённые внешние силы, которым отвечают все учитываемые моделью Бернулли-Эйлера степени свободы сечения по отношению к продольным перемещениям точек поперечного сечения. Поэтому в рамках рассматриваемой теории изгиба стержней следует принять:

$$q_x(x, y) = \alpha_1 x \cdot y. \quad (7)$$

Искомый функциональный коэффициент  $\alpha_1$  можно получить домножением равенства (7) на  $b y$  с последующим интегрированием по высоте сечения, что с учётом (4) даёт зависимость:

$$\alpha_1 = -\frac{m}{I_z}. \quad (8)$$

В результате получим:

$$\int_y^{h/2} q_x(x, y) b y dy = -\frac{m}{I_z} \int_y^{h/2} b y y dy = -\frac{m S_{z0}}{I_z},$$

и два последних члена в формуле (5) сокращаются, то есть будем иметь:

$$\tau^{xy} = \frac{1}{b} \left[ \frac{Q S_{z0}}{I_z} + M \frac{d}{dx} \left( \frac{S_{z0}}{I_z} \right) \right]. \quad (9)$$

Несложно показать, что 
$$\int_A \frac{S_{z0}}{b} dA = I_z, \quad (10)$$

где  $A$  – площадь поперечного сечения стержня. Действительно, интегрируя по частям в пределах от  $-h/2$  до  $h/2$  с учетом принятого предположения о симметрии сечения стержня относительно оси  $Z$ , получаем:

$$\int_A \frac{S_{z0}}{b} dA = \int_{-h/2}^{h/2} S_{z0} dy = S_{z0} y \Big|_{-h/2}^{h/2} - \int_{-h/2}^{h/2} y \frac{dS_{z0}}{dy} dy.$$

Но статический момент всего сечения относительно оси  $Z$  равен нулю, то есть  $S_{z0}(h/2) = 0$  и  $S_{z0}(-h/2) = 0$ , следовательно, внеинтегральный член в первой части этой формулы исчезает. Учитывая также, что

$$\frac{dS_{z0}}{dy} = \frac{d}{dy} \int_y^{h/2} b(x, y) y dy = -b(x, y), \quad (11)$$

после подстановок приходим к формуле (10).

Формула (9) более точна в отношении распределения по сечению стержня касательных напряжений, чем более простая формула Журавского. Однако если определять только *усреднённое* значение сдвига по сечению, то можно показать что интегрально второе слагаемое в уточнённой формуле (9) даёт нулевой вклад в общий интеграл  $\int_A \tau^{xy} dA$ . Действительно, имеем:

$$\int_A \frac{1}{b} \frac{d}{dx} \left( \frac{S_{zo}}{I_z} \right) dF = \frac{d}{dx} \left( \frac{1}{I_z} \int_{-h/2}^{h/2} S_{zo} dy \right) = \frac{d}{dx} \left( \frac{1}{I_z} I_z \right) = 0.$$

Таким образом, интегрально второе слагаемое в формуле (9) не даёт вклада в усреднённое значение сдвига по сечению стержня. Это обстоятельство позволяет в рамках теории стержней, основанной на гипотезе плоских сечений, опираться на простую формулу Журавского при определении среднего сдвига по сечению. Именно эти соображения дают право пользоваться формулой Журавского при выводе уравнений теории изгиба стержней Тимошенко.

Интересно обсудить и вопрос о распространении горизонтального касательного напряжения  $\tau_{xz}$ . Оказывается, что ответ и на этот вопрос может быть найден в рамках элементарной теории [3]. Определим эти напряжения, исходя из дифференциального уравнения равновесия:

$$\frac{\partial \tau^{xz}}{\partial z} = -\frac{\partial \sigma^z}{\partial x} - \frac{\partial \tau^{xy}}{\partial y} = -\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{My}{I_z} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left[ \frac{QS_{zo}}{bI_z} + \frac{M}{b} \frac{d}{dx} \left( \frac{S_{zo}}{I_z} \right) \right]. \quad (12)$$

Преобразуем это уравнение, используя дифференцирование по частям:

$$\frac{\partial \tau^{xz}}{\partial z} = -\frac{Q}{I_z} y - My \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{1}{I_z} \right) - \frac{Q}{I_z} \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{S_{zo}}{b} \right) - M \frac{\partial}{\partial y} \left[ \frac{1}{b} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{S_{zo}}{I_z} \right) \right].$$

Воспользовавшись формулой (11) и введя обозначение  $b' = \partial b / \partial y$ , получим:

$$\frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{S_{zo}}{b} \right) = -y - \frac{S_{zo} b'}{b^2}, \quad \text{или} \quad \frac{\partial}{\partial y} \left[ \frac{1}{b} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{S_{zo}}{I_z} \right) \right] = -\frac{b'}{b^2} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{S_{zo}}{I_z} \right) - \frac{y}{b} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{b}{I_z} \right),$$

что после подстановок в (13) и преобразований приводит к зависимости:

$$\frac{\partial \tau^{xz}}{\partial z} = \tau^{xy} \frac{b'}{b} + My \left[ \frac{1}{b} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{b}{I_z} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{1}{I_z} \right) \right].$$

Учитывая, что  $\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{1}{I_z} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{b}{bI_z} \right) = \frac{1}{b} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{b}{I_z} \right) - \frac{1}{bI_z} \frac{\partial b}{\partial x}$ ,

получаем выражение для производной  $\partial \tau^{xz} / \partial z$  в виде:

$$\frac{\partial \tau^{xz}}{\partial z} = \tau^{xy} \frac{\partial b}{\partial y} + \frac{My}{bI_z} \frac{\partial b}{\partial x}. \quad (14)$$

Учитывая, что по принятому предположению все компоненты в правой части формулы (14) не зависят координаты  $z$  и что  $\tau^{xy}(x, y, 0) = 0$ , приходим к простой окончательной формуле для горизонтальных касательных напряжений:

$$\tau^{xz} = \left( \tau^{xy} \frac{\partial b}{\partial y} + \sigma^x \frac{\partial b}{\partial x} \right) \frac{z}{b}. \quad (15)$$

Рассмотрим в качестве примера стержень круглого сечения переменного радиуса  $r = r(x, y)$ . Понятно, что  $b^2 = x^2 + y^2 = r^2$ , следовательно:

$$\frac{\partial b}{\partial y} = -\frac{4y}{b}, \quad \frac{\partial b}{\partial x} = 4r' \frac{r}{b}, \quad \text{где } r' = \partial r / \partial x.$$

Несложно установить, что:  $I = \frac{\pi r^4}{4}$ ,  $S_0 = \frac{b^3}{12}$ , следовательно:

$$\frac{S_0}{I} = \frac{b^3}{3\pi r^4}, \quad \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{S_0}{I} \right) = \frac{b^2}{\pi r^4} \left( \frac{\partial b}{\partial x} - \frac{4br'}{r} \right) = \frac{b^2 r'}{I} \left( \frac{r}{b} - \frac{b}{3r} \right). \quad (16)$$

После подстановок (15) в (9) получаем:

$$\tau^{xy} = \frac{b^2}{12I} \left[ Q + M \frac{12r'}{b} \left( \frac{r}{b} - \frac{b}{3r} \right) \right].$$

Теперь несложно найти и касательные напряжения  $\tau^{xz}$ , воспользовавшись формулой (15). В результате получим выражение:

$$\tau^{xz} = \frac{yz}{3I} \left( -Q + M \frac{4r'}{r} \right),$$

которое отличается от формулы, полученной в [3], наличием дополнительного слагаемого, зависящего от изгибающего момента.

#### Список цитированных источников

1. Биргер, И. А. Сопроотивления материалов / И. А. Биргер, Р. Р. Мавлютов – М. : Физматгиз, 1986. – 560 с.
2. Сливкер, В. И. О касательных напряжениях при изгибе стержней / В. И. Сливкер // Исследования по механике строительных конструкций и материалов : межвузовский тематический сборник трудов / СПбГАСУ. – СПб., 2002. – С. 90–96.
3. Харлаб, В. Д. О касательных напряжениях в элементарной теории плоского изгиба / В. Д. Харлаб // Исследования по механике строительных конструкций и материалов : труды Ленинград. инж.-строит. ин-та. – Л., 1991. – С. 92–95.

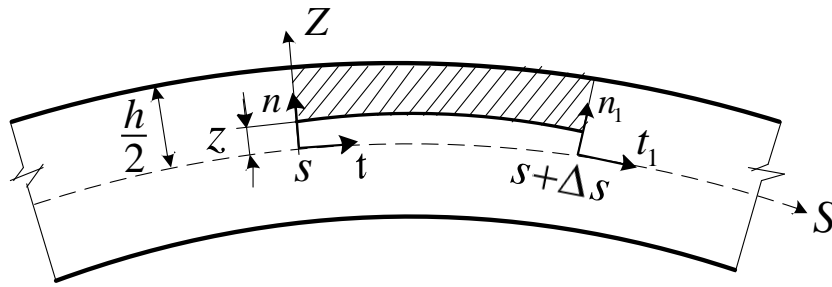
УДК 681.3:624.04

**Николаенко Е.А.**

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

### ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ИЗГИБАЕМЫХ КРИВОЛИНЕЙНЫХ СТЕРЖНЯХ

Выделим из криволинейного стержня элементарный участок (заштрихован на рисунок 1), ограниченный слева сечением с дуговой координатой  $s$ , справа сечением с координатой  $s + \Delta s$ , и от остальной части стержня криволинейной поверхностью  $z = Const$  (рис. 1).



**Рисунок 2 – Элемент криволинейного стержня**

В левом сечении выделенного элемента стержня действуют нормальные напряжения  $\sigma$ , суммарно создающие продольную силу  $N_0$  и изгибающий момент  $M_0$  относительно оси  $Y$ . В сечении справа в выделенном элементе будут действовать нормальные напряжения

$$\sigma + \frac{d\sigma}{ds} \Delta s.$$

Нормальные напряжения  $\sigma$  в зависимости от используемой теории криволинейных стержней могут быть представлены в виде [1, 2]:

а) стержни малой кривизны ( $kh \ll 1$ ):

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{Mz}{I}; \quad (1)$$

б) стержни средней кривизны ( $k^2 h^2 \ll 1$ ):

$$\sigma = \frac{N + kM}{A} + \frac{Mz}{I} - \frac{kMz^2}{I}; \quad (2)$$

в) стержни большой кривизны:

$$\sigma = \frac{N + kM}{A} + \frac{M}{I_p} \frac{z}{1 + kz}. \quad (3)$$

Запишем выражения для геометрических характеристик левого сечения выделенного элемента – площадь, статические моменты и моменты инерции для отсеченной части сечения:

$$\begin{aligned} A_0 &= \int_z^{h/2} b dz, & S_0 &= \int_{A_0} z dA, & I_0 &= \int_{A_0} z^2 dA, \\ S_{\rho o} &= \int_{A_0} \frac{z}{1 + kz} dA, & I_{\rho o} &= \int_{A_0} \frac{z^2}{1 + kz} dA, & I_{2o} &= \int_{A_0} z^3 dA. \end{aligned} \quad (4)$$

Несложно проверить, что справедливы также следующие зависимости:

$$\int_A \frac{A_0}{b} dA = A \frac{h}{2}, \quad \int_A \frac{S_0}{b} dA = I, \quad \int_A \frac{z S_0}{b} dA = 0, \quad \int_A \frac{I_0}{b} dA = I \frac{h}{2}. \quad (5)$$

Доказательство этих соотношений основано на интегрировании по частям, и их несложно получить, если учесть следующие соотношения и факторы:

1) формулы дифференцирования геометрических характеристик:

$$\frac{dA_0}{dz} = -b \quad z, \quad \frac{dS_0}{dz} = -z b \quad z, \quad \frac{dI_0}{dz} = -z^2 b \quad z,$$

2) условие симметрии сечения стержня относительно оси  $Y$ , из которого следует, что 
$$\int_{-h/2}^{h/2} z^2 b dz = 0 \quad \text{при любом нечётном } n.$$

Отметим также, что справедливы следующие оценки порядка величин:

$$\frac{S_0}{A_0} < h, \quad \frac{I_0}{S_0} < h, \quad \frac{I_{2o}}{A_0} < h. \quad (6)$$

В случае криволинейного стержня удобно воспользоваться уравнением равновесия выделенного элемента стержня не в проекциях на тангенциальную ось, как для случая стержня с прямолинейной осью, а в моментах. Точнее говоря, запишем условие равенства нулю моментов всех сил, действующих на выделенный элемент стержня, относительно центра кривизны оси стержня. Обозначив штрихом производную по координате  $s$  и учитывая, что  $k = 1/\rho$ , получим:

$$-\int_z^{h/2} \sigma b \rho + z dz = \int_z^{h/2} \left[ \sigma b + \sigma b' \Delta s \right] \rho + \rho' \Delta s + z dz - \tau^{sz} b (1 + kz) \rho + z = 0.$$

После сокращений, удерживая в полученном соотношении члены не выше первого порядка малости по отношению к  $\Delta s$ , имеем

$$\int_z^{h/2} \sigma b' \rho + z dz = \int_z^{h/2} \sigma b \rho' dz - \tau^{sz} b \rho (1 + kz) = 0.$$

Подынтегральное выражение в первом слагаемом этой формулы удобно представить в виде:

$$\frac{d}{ds} \sigma b \rho + z = \frac{d[\sigma b \rho + z]}{ds} - \sigma b \frac{d\rho}{ds}.$$

Это даёт возможность вынести операцию дифференцирования по координате  $s$  за знак интеграла, а поскольку кривизна оси стержня  $k$  от  $z$  не зависит, окончательно общее выражение для касательного напряжения по сечению криволинейного стержня переменного сечения примет вид:

$$\tau^{sz} = \frac{k}{b(1+kz)^2} \frac{d}{ds} \left[ \frac{1}{k} \int_z^{h/2} \sigma b (1+kz) dz \right] \quad (7)$$

В результате подстановок в (7) формул (1) – (3) для стержней различной кривизны и последующего интегрирования можно получить расчётные формулы для касательного напряжения  $\tau^{sz}$  в зависимости от используемой теории для криволинейных стержней.

Так, для изгибаемых плоских стержней малой кривизны, для которых справедливо соотношение  $kh \ll 1$ , подставляя в (7) зависимость (1) и интегрируя полученное выражение, найдем:

$$\tau^{sz} = \frac{k}{b} \frac{d}{ds} \left( N \frac{A_0 + kS_0}{kA} + M \frac{S_0 + kI_0}{kI} \right).$$

В соответствии с принятым в теории стержней малой кривизны порядком точности и с учётом оценок (6), формулу можно упростить, и она примет вид:

$$\tau^{sz} = \frac{k}{b} \frac{d}{ds} \left( N \frac{A_0}{kA} + M \frac{S_0}{kI} \right). \quad (8)$$

Воспользуемся теперь уравнениями равновесия Кирхгоффа [1] для криволинейных стержней, согласно которым:

$$N' = -kQ - q_t, \quad kN = Q' + q_n, \quad M' = Q - m. \quad (9)$$

После выполнения дифференцирования в (8) и подстановок выражений для производных  $N'$  и  $M'$  согласно (9) получим:

$$\tau^{sz} = \frac{1}{b} \left[ Q \left( \frac{S_0}{I} - \frac{kA_0}{A} \right) + Nk \left( \frac{A_0}{A} \right) + Mk \left( \frac{S_0}{kI} \right) - q_t \frac{A_0}{A} - m \frac{S_0}{I} \right]. \quad (10)$$

Если подсчитать интегральную характеристику касательных напряжений  $\tau^{sz}$  по всему сечению стержня, то она будет равняться поперечной силе  $Q$ . Но уже первый член в (10) с учётом формул (5) даёт эту поперечную силу:

$$Q \int_A \frac{1}{b} \left( \frac{S_0}{I} - \frac{kA_0}{A} \right) dA = Q \left( 1 - \frac{kh}{2} \right) \approx Q,$$

следовательно, все остальные члены суммарно дают нулевой вклад в величину общей поперечной силы. Это обстоятельство позволяет ограничиться обычной формулой Журавского при определении среднего по сечению сдвига  $\gamma$ :

$$\tau^{sz} = \frac{QS_0}{bI}.$$

Более точное значение касательного напряжения в отдельных волокнах поперечного сечения стержня, при необходимости, может быть вычислено по уточнённой формуле (8).

#### Список цитированных источников

1. Биргер, И. А. Сопротивления материалов / И. А. Биргер, Р. Р. Мавлютов – М. : Физматгиз, 1986. – 560 с.
2. Сливкер, В. И. О касательных напряжениях при изгибе стержней / В. И. Сливкер // Исследования по механике строительных конструкций и материалов : межвузовский тематический сборник трудов / СПбГАСУ. – СПб., 2002. – С. 90–96.

УДК 681.3:624.04

**Николаенко Е.А.**

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

### О ВЕЛИЧИНЕ КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ИЗГИБЕ ПЛОСКИХ СТЕРЖНЕЙ СРЕДНЕЙ И БОЛЬШОЙ КРИВИЗНЫ

В работе [4] получена формула, которая позволяет определять касательные напряжения по сечениям плоских криволинейных изгибаемых стержней переменного сечения в более точной постановке

$$\tau^{sz} = \frac{k}{b} \frac{1}{1+kz} \frac{d}{ds} \left[ \frac{1}{k} \int_z^{h/2} \sigma b (1+kz) dz \right] \quad (1)$$

при подстановке в эту формулу выражений для нормальных напряжений  $\sigma$  для стержней различной кривизны в зависимости от используемой теории криволинейных стержней.

Рассмотрим, например, изгибаемые плоские стержни средней кривизны, для которых справедливо соотношение [1]  $k^2 h^2 \ll 1$  и для которых распределение нормальных напряжений  $\sigma$  по сечению определяется [4] выражением:

$$\sigma = \frac{N + kM}{A} + \frac{M_z}{I} - \frac{kM_z^2}{I}. \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1) и выполняя интегрирование, для стержней средней кривизны получим:

$$\tau^{sz} = \frac{k}{b} \frac{1}{1+kz} \frac{d}{ds} \left[ N \frac{A_0 + kS_0}{kA} + M \left( \frac{A_0 + kS_0}{A} + \frac{S_0 - k^2 I_{2o}}{kI} \right) \right]. \quad (3)$$

В рамках точности, принимаемой в теории стержней средней кривизны [1], вместе с оценками соотношений [4]:

$$\frac{S_0}{A_0} < h, \quad \frac{I_0}{S_0} < h, \quad \frac{I_{2o}}{A_0} < h$$

будем иметь:  $\frac{1}{1+kz} \approx 1 - 2kz$ ,

что позволяет упростить выражение (3) до формулы:

$$\tau^{sz} = \frac{k}{b} \frac{1-2kz}{1+kz} \frac{d}{ds} \left[ N \frac{A_0 + kS_0}{kA} + M \left( \frac{A_0 + kS_0}{A} + \frac{S_0}{kI} \right) \right]. \quad (4)$$

В результате дифференцирования по  $s$  в (4) и с учётом уравнений Кирхгоффа [1]

$$N' = -kQ - q_t, \quad kN = Q' + q_n, \quad M' = Q - m, \quad (5)$$

окончательно получим формулу для касательных напряжений  $\tau^{sz}$  применительно к стержням средней кривизны в виде:

$$\tau^{sz} = \frac{1-2kz}{b} \times \left[ Q \frac{S_0}{I} + Nk \left( \frac{A_0 + kS_0}{kA} \right) + Mk \left( \frac{A_0 + kS_0}{A} + \frac{S_0}{kI} \right) - q_t \frac{A_0 + kS_0}{A} - mk \left( \frac{A_0 + kS_0}{A} + \frac{S_0}{kI} \right) \right]. \quad (6)$$

Интегрируя  $\tau^{sz}$  по площади сечения стержня  $A$  и учитывая соотношения (5) для первого члена этой формулы получим:

$$Q \int_A \frac{1-2kz S_0}{b} \frac{S_0}{I} dA = Q,$$

Таким образом, для стержней средней кривизны формула Журавского будет:

$$\tau^{sz} = \frac{QS_0}{bI} (1-2kz). \quad (7)$$

Рассмотрим теперь изгибаемые плоские стержни большой кривизны, для которых справедливо соотношение  $k^2 h^2 \ll 1$ .

На основании формулы (1) с учётом распределения нормальных напряжений  $\sigma$  по сечениям стержней большой кривизны [4], имеющего вид:

$$\sigma = \frac{N + kM}{A} + \frac{M}{I_p} \frac{z}{1+kz}, \quad (8)$$



после подстановки (3) в (1) и интегрирования получим:

$$\tau^{sz} = \frac{k}{b} \frac{1}{1+kz} \frac{d}{ds} \left[ N \frac{A_0 + kS_0}{kA} + M \left( \frac{A_0 + kS_0}{A} + \frac{S_0}{kI_p} \right) \right].$$

Выполняя теперь дифференцирование и учитывая соотношения Кирхгофа для криволинейных стержней (5), эту формулу преобразуем к виду:

$$\tau^{sz} = \frac{1}{b} \frac{1}{1+kz} \times \left[ Q \frac{S_0}{I_0} + Nk \left( \frac{A_0 + kS_0}{kA} \right) + Mk \left( \frac{A_0 + kS_0}{A} + \frac{S_0}{kI_p} \right) - q_t \frac{A_0 + kS_0}{A} - mk \left( \frac{A_0 + kS_0}{A} + \frac{S_0}{kI_p} \right) \right]. \quad (9)$$

Интегрируя  $\tau^{sz}$  по всей площади сечения стержня  $A$  для первого члена формулы получаем

$$Q \int_A \frac{1}{b} \frac{1}{1+kz} \frac{S_0}{I_0} dA = \frac{Q}{I_p} \int_{-h/2}^{h/2} \frac{S_0}{1+kz} dz.$$

Интегрируя последнее выражение по частям, получим:

$$\int_{-h/2}^{h/2} \frac{S_0}{1+kz} dz = -\frac{S_0}{k} \frac{1}{1+kz} \Big|_{-h/2}^{h/2} - \frac{zS_0}{1+kz} dz.$$

Внеинтегральный член равен нулю, так как равен нулю статический момент отсечённой части сечения на верхнем и нижнем пределах интегрирования.

Оставшийся интеграл представляет собой статический момент  $S_p$  приведённого сечения. В результате получаем:

$$Q \int_A \frac{1}{b} \frac{1}{1+kz} \frac{S_0}{I_p} dA = \frac{QS_p}{I_p k} = Q.$$

Таким образом, для стержней большой кривизны формула Журавского имеет вид:

$$\tau^{sz} = \frac{QS_0}{bI_p} \frac{1}{1+kz}. \quad (10)$$

#### Список цитированных источников

1. Биргер, И. А. Сопротивления материалов / И. А. Биргер, Р. Р. Мавлютов – М. : Физматгиз, 1986. – 560 с.
2. Сливкер, В. И. О касательных напряжениях при изгибе стержней / В. И. Сливкер // Исследования по механике строительных конструкций и материалов : межвузовский тематический сборник трудов / СПбГАСУ. – СПб., 2002. – С. 90–96.
3. Харлаб, В. Д. О касательных напряжениях в элементарной теории плоского изгиба / В. Д. Харлаб // Исследования по механике строительных конструкций и материалов : труды Ленинград. инж.-строит. ин-та. – Л., 1991. – С. 92–95.
4. Николаенко Е. А. Об определении касательных напряжений в изгибаемых криволинейных стержнях / Е. А. Николаенко // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов / БрГТУ. – Брест, 2020.

УДК 659.1:72.012.6(476.7)

**Перец М. А., Резанович Т. Н.**

**Научный руководитель: канд. арх., доцент Кароза А. И.**

## **ДИЗАЙН-КОД, ИЛИ КОНЦЕПЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ НАРУЖНОЙ РЕКЛАМЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ Г. БРЕСТА**

*Введение.* С каждым годом города Беларуси наполняются все новыми и новыми эстетическими феноменами, параллельно с этими изменениями возникают пространственные проблемы современного города, которые требуют совершенно новых решений в отношении городского пространства.

Одним из важных моментов формирования городской среды являются объекты информационного оформления фасадов и архитектурно-градостроительной среды в целом. Наружная реклама (вывески, информационные табло, которые располагаются на фасадах зданий) зачастую принимает довольно агрессивные формы, поглощая огромные свободные площади фасадов. Архитектура города просто растворяется в изобилии цвета, света, слоганов и изображений, тем самым город превращается в «большой магазин».

Для систематизирования и упорядочения правил формирования архитектурно-художественной среды, уже на протяжении долгого времени страны Европы применяют так называемый *дизайн-код города, в нашем понимании, – это проиллюстрированный набор правил, требований и рекомендаций по вопросам облика города в отношении наружной рекламы, который принят городскими властями, следящими за его исполнением.*

Дизайн городской среды может как усилить или поддержать общую структуру города, так и разрушить его целостность. Поэтому так важно учитывать общую концепцию и историческую составляющую города. При этом необходимо уметь выдержать грань между повторяющимися стандартами, которые вызывают ощущение дежавю, и навязчивой новизной, что вследствие может выглядеть нелепо [1].

Актуальность работы заключается в том, что на данный момент ни один город Беларуси не может продемонстрировать свой свод правил и рекомендаций в отношении наружной рекламы, а, следовательно, предприниматели города действуют согласно «своему вкусу» и взглядам, которые зачастую превращают наши города в большой супермаркет.

*Цель работы:* предложить варианты решения вопроса о создании единых правил размещения наружной рекламы в г. Бресте. Разработать свой свод правил и рекомендации в отношении наружной рекламы в центральной части г. Бреста

В рамках своей исследовательской работы мы провели опрос жителей города, который показал, что существующая наружная реклама в центральной части г. Бреста имеет малую эффективность. На вопрос об эстетике наружной рекламы в центре города 92,7 % респондентов ответили, что наружная реклама не украшает город, а портит его облик. Самыми полезными, по мнению жителей, являются рекламные афиши, навигационные и информационные вывески, конструкции, т. к. они больше всего привлекают внимание. Посредством опроса было выявлено, что большинство жителей города обращают свое внимание в равной степени как на текстовую информацию, так и на изображения.

Исходя из полученных результатов опроса, было принято решение разработать свои правила размещения наружной рекламы в центральной части города Бреста.

Размещение рекламы стоит рассматривать как непрерывно развивающийся процесс, и в связи с этим будет актуальна разработка программы по оптимизации рекламного пространства центра города.

Исследование принципа размещения наружной рекламы г. Бреста на примере пешеходной улицы Советской.

Был проведен анализ размещения наружной рекламы в г. Бресте. В качестве исследуемого объекта была выбрана главная пешеходная улица г. Бреста – Советская. На протяжении улицы встречаются каменные здания дореволюционной постройки, а также здания советского периода. Большая часть зданий имеет историко-культурную ценность.

Проблема заключается в том, что из-за располагающихся в жилых и административных зданиях (которые в большинстве своем являются памятниками архитектуры) многочисленных коммерческих фирм и компаний фасады увешаны рекламой, диссонирующей с окружающей городской средой. Такая реклама портит облик города.

Применение определенных правил по размещению наружной рекламы позволит создать единый облик ул. Советской, в частности ее исторической составляющей, и решить задачу гармоничного сочетания исторической застройки торговыми помещениями, располагающимися на протяжении всей пешеходной улицы.

Результат исследования – это графическая работа (рисунок 1, 2), которая представляет собой проектное предложение по размещению информационных вывесок и наружной рекламы на объектах культурного наследия при условии соблюдения соответствия стилистике и колористике объектов. Работа выполнена с учетом того, что объекты информационного оформления должны иметь единый облик и сочетаться с архитектурным ансамблем ул. Советской. Информационные и рекламные конструкции не должны мешать цельному восприятию фасадов зданий, на которых они размещаются или возле которых они располагаются.

Было принято решение применить свои варианты ограничений в отношении наружной рекламы в центральной части г. Бреста, чтобы систематизировать и упорядочить среду городского пространства.

Изучив существующую ситуацию, мы пришли к следующим выводам:

Запрещается:

1. Нарушение предложенных мест размещения вывесок на фасадах зданий и сооружений

2. Вертикальное размещение букв на информационной вывеске



*Рисунок 1 – Пример оценки существующих рекламных конструкций*



*Рисунок 2 – Пример организации рекламных конструкций фасада*

3. Размещение вывесок на козырьках зданий
4. Полное перекрытие(закрытие) оконных, дверных проемов, витражей и витрин, а также окраска и покрытие декоративными пленками поверхности остекленных витрин.
5. Размещение вывесок на кровлях, лоджиях и балконах
6. Размещение вывесок на архитектурных деталях здания
7. Перекрытие(закрытие) наименований улиц и номеров домов
8. Размещение вывесок одна над другой
9. Размещение вывесок путем нанесения на поверхность фасада декоративно-художественного и текстового изображения методом покраски, наклейки и др.
13. Размещение вывесок с использованием картона, ткани, баннерной ткани
14. Упорядочивать яркость свечения, а также места размещения неоновых светильников, мигающих (мерцающих) элементов, компенсируя недостаточную яркость интервальным звуковым сопровождением.

Рекомендуется:

15. Замена штендеров на информационный стенд с информацией о каждом предпринимателе, размещенном в определенном здании.

Из проведенного выше анализа размещения наружной рекламы на протяжении пешеходной улицы Советской города Бреста можно сделать следующий вывод: от состояния наружной рекламы и информационных конструкций зависит эстетический и культурный облик города. В связи с этим в работе особое внимание уделено формированию механизмов стратегического и системного подхода к задачам осуществления единой политики города в отношении наружной рекламы и информационных объектов.

К данным задачам относятся: формирование архитектурно-художественной среды г. Бреста; введение определенных правил к размещению рекламных и информационных конструкций в исторической части города; разработать макеты решений вывесок, которые будут гармонично сочетаться как с историческими зданиями, так и с современными архитектурными феноменами; применение технологий и материалов на основании изучения отечественного и зарубежного опыта.

**Вывод.** В современном мире роль рекламы и других элементов информационного оформления города очень высока. Они стали предметом нашей обыденной жизни, мы их не замечаем, однако, нельзя недооценивать влияние данных конструкций на человека. Реклама и информационное оформление вошли не только в сферу торговли, но и стали важным фактором социализации общества. Сегодня крайне сложно представить городскую среду без вывесок и наружной рекламы, которые уже являются частью городского ландшафта. От качества такого «ландшафта» зависит формирование целостного художественного облика города.

#### **Список цитированных источников**

1. Стратегия оптимизации объектов информационного оформления фасадов зданий в городе Иркутске [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/strategiya-optimizatsii-obektov-informatsionnogo-oformleniya-fasadov-zdaniy-v-gorode-irkutske/viewer>. – Дата доступа: 09.02.2020.
2. Дизайн города в историческом аспекте [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/dizayn-goroda-v-istoricheskom-aspekte>. – Дата доступа: 14.03.2020.

## **ДЕРЕВЯННОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА**

Статья посвящена рассмотрению актуальности развития строительства высотных объектов из дерева в Беларуси. В статье проанализированы причины, которые не допускают строительство высотных объектов. Приведены плюсы актуальности использования древесины как экологически чистого материала.

### **Введение**

В современном мире вопрос экологии выходит на первый план. Учёные всего мира бьют тревогу, мы сами уничтожаем нашу планету! Необдуманные действия приводят к обрушению всей системы. Климатические изменения проявляются в проблемах с океанами, погодой, пищей и здоровьем. Это взаимосвязанная система, которую очень сложно разорвать. Не удивительно, что в последние несколько десятилетий в мировой архитектуре самым востребованным направлением становится использование природных материалов. Но лишь один из немногих материалов сопровождал человека на протяжении всей жизни – дерево. Поэтому не стоит удивляться тому, что оно набирает популярность в строительстве. Утопические проекты деревянных 36-этажных небоскрёбов восхищают, но пока мы можем вживую увидеть лишь 10-этажные деревянные дома, сделанные с использованием LСТ-панелей [1]. Архитектура семимильными шагами приближается к повсеместному экологическому строительству. Но так ли оптимистично настроены потребители и готовы ли они впустить дерево в свою жизнь и жить в деревянных гигантах?

### **Вопросы, вызывающие сомнения в высотном деревянном строительстве**

Если в Беларуси относятся к идее деревянных небоскрёбов скептически, то в развитых странах эта идея симпатична людям. На данный момент в Республике Беларусь существуют два значительных препятствия: менталитет и отсутствие нормативно-законодательной базы. В ходе небольшого исследования, проводимого среди обычных людей, на вопрос «Переехали бы Вы в совершенно новую квартиру, в многоквартирном доме, построенном из дерева?» отрицательных ответов оказалось больше. Для того, чтобы люди относились более позитивно к такому виду строительства, стоит подробнее рассмотреть основные вопросы, вызывающие сомнения, и подтвердить или опровергнуть их.

### **Древесина легко воспламеняется**

Доказано, что массивные несущие каркасы из дерева, в которых колонны и балки выполнены из цельной древесины, уже обладают необходимым уровнем огнестойкости. В данном случае огнестойкость обеспечивается за счет образования на поверхности балок и колонн обугленных слоев. Если говорить о панелях, то предел огнестойкости прямо пропорционален количеству слоев в панели. В среднем предел огнестойкости трехслойных панелей — 30 минут, а пятислойных панелей — 60 минут. Существуют примеры конструкций с огнестойкостью 120 минут и более [2].

### **Конструкции из дерева не способны выдерживать нагрузку**

Для строительства многоэтажных домов применяют CLT-панели – клееные деревянные панели, своими качествами напоминающие железобетон. Продольная и поперечная прочность достигается взаимно перпендикулярным расположением смежных слоев. Благодаря этому обеспечиваются свойства, более характерные для железобетона, нежели для дерева. К тому же CLT-панели легче железобетонных плит практически в шесть раз.

### **Дерево подвержено гниению и появлению насекомых**

Для возведения домов преимущественно применяют хвойные породы деревьев, где смола выступает как естественная защита от вредителей. Необработанная и незащищенная древесина – это «лакомый кусочек», но уже на стадии изготовления материалов они обрабатываются антисептиками и повторно обрабатываются на финальной стадии.

### **При интенсивном использовании древесины леса могут исчезнуть**

Дерево растёт естественно и является возобновляемым ресурсом, а также экологически чистым материалом. Ответственное управление ресурсами позволяет обеспечить долгосрочный спрос на материалы из дерева. При правильном подходе лесовосстановление может превышать лесопотребление на 40%. Улучшение технологий и новые разработки позволяют использовать древесину без отходов.

### **Производство LСТ-панелей неэкологично, а строительство потребует больших финансовых затрат**

К тому же дерево продолжает хранить углекислый газ. К примеру, пятиэтажный деревянный дом хранит 12,410 углерода, равноценное эксплуатации дома, включая экологические последствия на всём этапе строительства. При обработке древесины, уровень загрязнения ниже, чем при производстве других строительных материалов. Таким образом, LСТ-панели сделали дерево реальной альтернативой железобетону. Согласно расчётам австралийских ученых, деревянное здание строится на шесть недель быстрее, чем железобетонный аналог. Экономия при возведении такого объекта достигает до 20%.

### **Строительство высотных зданий запрещено**

Согласно нормативной документации, допустимо строительство из дерева, не выше 6,5 м, не больше 500 м<sup>2</sup> [3]. Поэтому застройщикам невыгодно внедрять деревянные материалы в высотное домостроение. Однако преграды со стороны власти есть и за границей. В Европе существует запрет на строительство деревянных зданий высотой более 5 этажей, в Америке – более 6 этажей. Но это не помешало построить уникальные высотки с использованием деревянных конструкций: Stadhaus (9 этажей, Лондон, Великобритания), Forté Building (10 этажей, Мельбурн, Австралия) [4]. Следовательно, преграды есть, но они преодолимы. Постановление № 103, принятое 2016 г., говорит о готовности нашей страны к деревянному строительству. Государство предлагает дать лес для самостоятельного строительства [5]. В Беларуси создаются условия для развития деревянного домостроения.

### **Заключение**

Сомнения – это двигатель прогресса, чем больше вопросов, тем больше стимул найти решение. Но не стоит забывать, что новое не значит лучшее и

даже самая интересная и актуальная технология может привести к негативным последствиям, если не подходить к внедрению разумно. Использование новых технологий в строительстве с применением древесины позволяет избежать ряда экологических проблем, сократить энергопотребление и создать комфортную среду, что очень актуально в настоящее время.

#### **Список цитированных источников**

1. Деревянные небоскребы: как это работает [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.popmech.ru/technologies/299812-derevyannye-neboskreby-kak-eto-rabotaet/#part1>. – Дата доступа: 04.05.2019.
2. Production and Technology of Cross Laminated Timber (CLT): A state-of-the-art Report [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/261884030>. – Дата доступа: 04.05.2019.
3. ТКП 45-1.03-314-2018 (33020) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tnpa.by/#!/DocumentCard/392014/521398>. – Дата доступа: 04.05.2019.
4. Новая эпоха деревянного строительства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://crosslam.ru/>. – Дата доступа: 04.05.2019.
5. Льготный лес для строительства деревянного дома [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://archiline.by/index.pl?act=PRODUCT&id=406/>. – Дата доступа: 04.05.2019.

УДК 72.023-035.3

*Полховская Т. В.*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Мартысюк Н. А.*

### **ПРИМЕНЕНИЕ ДЕРЕВА В АРХИТЕКТУРЕ КАК СПОСОБ ГУМАНИЗАЦИИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

Современный город стал примером того, насколько среда, созданная человеком, может отличаться от естественной. Город испытывает человека «на прочность»: высокий уровень шумового загрязнения, выхлопные газы, бьющий в глаза свет и несоразмерный человеку масштаб создают враждебный фон и стрессовые ситуации. Поэтому термин «каменные джунгли» является актуальной характеристикой многих городов. Использование натуральных материалов, в том числе древесины, – один из способов гуманизации среды, где основа – это максимальный комфорт и единение человека с природой не только в собственной квартире, но и на уровне жилого двора, района или всего города.

#### **Древесина в истории Беларуси**

Дерево – это материал, с которого началось строительство, изготовление домашней утвари, появление декора. Столетиями человечество существовало рядом с деревом. За это время дерево приобрело особое положение в жизни людей. Деревянные постройки кажутся хрупкими в сравнении с каменными, но в Беларуси сохранилась уникальная и красивая деревянная архитектура.

#### **Древесина в архитектуре XX века**

Настоящее перерождение древесины произошло в XX веке. Архитектор Алвар Аалто по-новому открыл миру этот материал, рассматривая его в качестве «живого». Архитектор использует древесину на всех этапах строитель-



ства, открывая публике её свойства. Его работы считаются своевременным шагом на пути превращения древесины в актуальный и востребованный материал.

### **Древесина в современном мире**

Ошибочно считать, что древесина как материал с многолетней историей уже устарела и не способна составить конкуренцию современным материалам. Усовершенствование методов обработки, внедрение гнутой и клееной древесины, использование огнезащитных и биозащитных средств продвинули этот материал на новый уровень. Сочетание древесины с другими материалами создаёт композиционное единство. Одним из доказательств развития данной сферы служит многоэтажное строительство. Но Беларусь ещё не готова к подобным проектам. Тем не менее внедрение древесины и возрождение деревянного зодчества возможно через общественные пространства.

### **Состояние городской среды в Беларуси**

Что определяет хорошее общественное пространство? Ответ заключается в простом вопросе: «зачем?» Зачем создаётся общественное пространство? Если на площадке нет ни одного объекта, ради которого можно задержаться; если пространство представляет собой лишь широкую полосу асфальта или плитки без сопутствующей активности; если никто не задерживается на территории больше времени, чем длится её обход или пересечение, то скорее всего, при проектировании были допущены ошибки. Такой участок будет выполнять лишь транзитную функцию из пункта «А» в пункт «Б». На данный момент в стране происходит тиражирование благоустройства в одном устаревшем варианте.

### **Концепция применения дерева в городской среде**

Ценность общественных пространств сложно переоценить: это и комфортная локация, культурная среда и место социализации жителей. Инициатором их создания могут выступать как городские власти, так и сами жители. Максимальный эффект достигается от синергии всех заинтересованных сторон. Реализованные в разных уголках мира проекты насыщенного, качественного общественного пространства свидетельствуют о том, что формировать уникальные и комфортные места для людей можно качественно и недорого.

Древесина вызывает подсознательные приятные ощущения – оптическое восприятие рисунка волокон активизирует воображение, осязание структуры тёплой поверхности древесины оказывает благотворно-успокаивающее воздействие на психическое состояние. При этом древесина отличается лёгкостью обработки, что позволяет создать невероятные и непохожие сооружения. Это является одним из главных условий качественного пространства – оно должно быть узнаваемым. Таким образом, древесина – это немного больше, чем строительный материал. Ведь дерево создано самой природой, среди него человек всегда будет чувствовать спокойствие и комфорт.

### **Варианты применения древесины в городской среде**

Пространство формируется благодаря насыщению зоны разнообразными деталями, начиная от плитки и заканчивая игровой площадкой. Важным аспектом является формирование удобных и востребованных людьми общественными зон. В настоящее время в большинстве городов общественные про-

странства имеют высокую степень износа, что в свою очередь приводит к их деградации. Чаще всего территория выполняет лишь транзитную функцию – из-за отсутствия деталей нет желания остановиться и провести время в данном месте. Для решения такого рода задач следует внедрять методологию благоустройства не на количественных, а на качественных показателях. Древесина может проявить себя в объектах спортивного и игрового назначения, беседках и навесах, павильонах, малых архитектурных формах, остановочных пунктах, набережных.

Ниже на рисунках 1–3 представлены максимально простые и бюджетные варианты внедрения древесины в городскую среду на примере г. Бреста.



***Рисунок 1 – Преобразование жилого двора в г. Бресте***



***Рисунок 2 – Преобразование прогулочной части набережной в г. Бресте***



***Рисунок 3 – Преобразование набережной в г. Бресте, выход к воде***

Архитектурно-пространственная среда, организованная малой архитектурой, определяется широким набором специфических элементов, формирующих индивидуальные черты архитектурного ландшафта. Малые архитектурные формы из дерева преобразуют пространство, создавая комфортную, эмоционально ориентированную среду, гармонично взаимодействующую с человеком. Однако для большего разнообразия среды необходимо включать и другие качественные материалы, озеленение и новые идеи. Данный подход

даёт возможность приблизиться к натуральной, природной среде, а также экспериментировать с элементами и фантазировать. При этом живое дерево также может выступать как самостоятельный элемент и быть частью игровой площадки. Особое внимание следует уделять качественной стороне благоустройства. Можно заметить, насколько деревянное ограждение набережной, не перегруженное деталями, делает пространство более открытым и природным. Таким образом, при современных технологиях и наличии большого спектра материалов, применение древесины в архитектуре малых форм для общественных пространств является универсальным решением, позволяющим формировать экологический каркас городской среды, что особенно важно при решении проблем современного города.

### **Вывод**

Открытые общественные пространства в значительной степени формируют социально-пространственный каркас города, определяют художественный облик и архитектурную специфику. Осознание роли и значения системы общественных пространств в формировании комфортного города приводит к поискам наиболее эффективных форм, способов и принципов ее организации. Этому посвящено большое количество теоретических работ, в которых описывается опыт создания эффективной системы общественных пространств города. Представляется актуальным проанализировать этот опыт, с тем чтобы выявить перспективные тенденции, которые могут быть адаптированы к белорусской практике. Работа позволяет сформировать основные рекомендации по развитию использования деревянных материалов для Беларуси:

- 1) модернизация технологии деревообрабатывающей промышленности;
- 2) внедрение древесины в объекты архитектуры и градостроительства;
- 3) осуществление государственной поддержки;
- 4) расширение базы деревянных малых архитектурных форм;
- 5) переосмысление применения древесины и поиск новых решений;
- 6) дальнейшее изучение роли деревянных материалов.

Таким образом, применение деревянных материалов в Республике Беларусь – перспективное направление. Развитие на территории страны деревянного строительства повысит качество городской жизни, повысит экономическое состояние страны, повысит уровень безопасности и привлекательности городов. Популяризация деревянного строительства позволит поднять популярность городов на новый уровень.

### **Список цитированных источников**

1. Природные материалы в архитектуре / В.М. Воронцов [и др.]. – Белгород: Издательство БГТУ, 2008 г., 100 с.
2. Общественные пространства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://official.academic.ru/14693/Общественные\\_пространства](https://official.academic.ru/14693/Общественные_пространства) – Дата доступа: 28.04.2020.
3. Лучшие общественные пространства России 2017 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://varlamov.me/2018/obshpro\\_russia2017/2-2.jpg](https://varlamov.me/2018/obshpro_russia2017/2-2.jpg) – Дата доступа: 12.10.2018.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО НОРМИРОВАНИЮ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ НАРУЖНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ

При проектировании ограждающих конструкций зданий и сооружений одним из основных критериев их энергетической эксплуатационной эффективности считается сопротивление теплопередаче.

До 2009 года, согласно действовавшим нормативным документам Республики Беларусь, при проектировании наружных ограждающих конструкций требуемое сопротивление теплопередаче ( $R_T$ ) рекомендовано принимать как наибольшее из:

- экономически целесообразного сопротивления теплопередаче ( $R_{T,эк}$ ), полученное расчетом по формуле:

$$\bullet R_{T,эк} = 0,5 \cdot R_{T,гр} + \frac{5,4 \cdot 10^{-4} \cdot C_{ТЭ} \cdot Z_{0,г} \cdot (t_{в} - t_{н,от})}{C_M \cdot \lambda \cdot R_{T,гр}}; \quad (1)$$

- нормативного сопротивления теплопередаче ( $R_{T,норм}$ ), равного  $2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  и установленного ТКП 42-2.04-43-2006 для всех населенных пунктов Республики Беларусь.

В 2009 году нормативное сопротивление теплопередаче ( $R_{T,норм}$ ) наружных стен для всех населенных пунктов Республики Беларусь было увеличено в 1,6 раза и составило  $R_{T,норм} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ .

Как показала практика эксплуатации жилых зданий, утепление наружных стен до  $R_{T,норм} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  негативно отразилось на микроклимате в жилых помещениях: влажность воздуха и содержание углекислого газа существенно превышает санитарные нормы. Основной причиной этого является высокое сопротивление паропроницаемости утепленных до  $R_{T,норм} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  наружных стен. Для обеспечения требуемых санитарно-эпидемиологических условий проживания в таких помещениях необходимо устройство механической вентиляции, что требует существенных финансовых затрат на ее устройство и эксплуатацию.

Установлено, что высокое сопротивление паропроницаемости утепленных до  $R_{T,норм} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  наружных стен приводит в процессе эксплуатации зданий к увлажнению материала стен и, как следствие, к снижению теплотехнических характеристик наружных стен в целом.

С 2010 года в Беларуси действует ТКП 45-2.04-196-2010, позволяющий при проектировании утепленных ограждающих конструкций не привязываться к установленному директивно для всей территории Беларуси нормативному сопротивлению теплопередаче стен ( $R_{T,норм} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ), а использовать нормируемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, которое рассчитывается по следующему математическому выражению:

$$R_{норм} = \frac{0,024 \cdot D_d}{Q}, \quad (2)$$



где  $Q$  – величина годовых тепловых потерь через  $1 \text{ м}^2$  ограждающей конструкции, определяется согласно табл.6 [2];

$D_d$  (ГСОП) – численное значение зависит от климатического района эксплуатации проектируемого объекта, согласно п. 6.1.1 [2] определяют по формуле:

$$D_d = \text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{н.от}}) \cdot Z_{\text{от}}, \quad (3)$$

где  $t_{\text{н.от}}, Z_{\text{от}}$  – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С, и продолжительность отопительного периода, сут., определяемые по СНБ 2.04.02 [3];

$t_{\text{в}}$  – расчетная температура внутреннего воздуха в помещениях зданий, °С принимается по табл. 4.1 [1].

Для оценки степени корректности методики, рекомендуемой [2] для расчетов сопротивления теплопередаче наружных стен с учетом климатических условий строительства объекта, были выполнены расчеты значений сопротивления теплопередаче наружных стен по методике, рекомендуемой нормативными документами Российской Федерации. В СНиП 23-02-2003 [4] сопротивление теплопередаче наружных стен рекомендуется рассчитывать по следующему выражению:

$$R_{\text{т.норм}} = a \cdot D_d + b, \quad (4)$$

где  $D_d$  (ГСОП) – численные значения зависят от климатического района эксплуатации проектируемого объекта, согласно п. 6.1.1 [2] определяют по формуле (3);  $a$  и  $b$  – коэффициенты, значения которых принимаются по таблице 4 [4]

$$a = 0,00035; b = 1,4.$$

Результаты выполненных расчетов сопротивления теплопередаче наружных стен по методике, рекомендуемой ТКП 45-2.04-196-2010 и СНиП 23-02-2003, позволяют сделать вывод, что сходимость их достаточно хорошая. Для северных областей Беларуси (Минская, Могилевская, Витебская) расхождение численных значений сопротивления теплопередаче наружных стен не превышает 4%.

Следовательно, численные значения сопротивления теплопередаче наружных стен, полученные расчетом по методике, рекомендуемой ТКП 45-2.04-196-2010, могут быть приняты в качестве базовых при проектировании наружных стен зданий и сооружений.

Выполним оценку экономической эффективности перехода от нормативного сопротивления теплопередаче  $R_{\text{т.норм}} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$  к  $R_{\text{т.расч}}$ , полученному расчетом по методике ТКП 45-2.04-196-2010.

В качестве единицы измерения определения эффекта от утепления наружных стен примем расход плитного утеплителя ( $1 \text{ м}^3$ ) на  $1 \text{ м}^2$  утепляемой наружной стены. Для обеспечения корректности при определении эффекта при переходе от  $R_{\text{т.норм}} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$  к  $R_{\text{т.расч}}$  разделим территорию Белоруссии на климатические зоны с учетом фактического значения ГСОП.

На сегодня основной объем утепления стен выполняется из минераловатных плит с коэффициентом теплопроводности материала  $\lambda = 0,05 \text{ Вт/м} \cdot \text{°С}$ .

Расчеты по снижению расхода минераловатных плит в м<sup>3</sup> на утепление стен с учетом  $R_{т.расч}$ , полученного с учетом рекомендаций ТКП 45-2.04-196-2010, выполнялись по следующей методике. В качестве базовой величины принималась толщина минераловатного плитного утеплителя, равная 0,16 м. Это значение получено расчетом при следующих исходных данных:  $R_{т.норм} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  и коэффициент теплопроводности материала  $\lambda = 0,05 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$ .

Численные значения снижения расхода утеплителя в м<sup>3</sup> на 1 м<sup>2</sup> утепляемой стены для каждого пункта строительства определялись как разность между базовой величиной (0,16 м) и значением толщины плитного утеплителя  $R_{т.расч}$ , полученной расчетом по методике ТКП 45-2.04-196-2010.

Расчеты показали, что снижение расхода плитного утеплителя (минвата) составили:

- для самого теплого населенного пункта (г. Брест) 0,05 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>2</sup> утепляемой стены;
- для самого холодного – (г. Езерище) 0,02 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>2</sup> утепляемой стены.

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

1. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-2.04-43-2006\*.
2. Тепловая защита зданий. Правила определения: ТКП 45-2.040196-2010.
3. Строительная климатология: СНБ 2.04.02.
4. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Тепловая защита зданий: СНиП 23-02-2003.

УДК 691.87

*Сергеев Д. А., Ворончук М. В.*

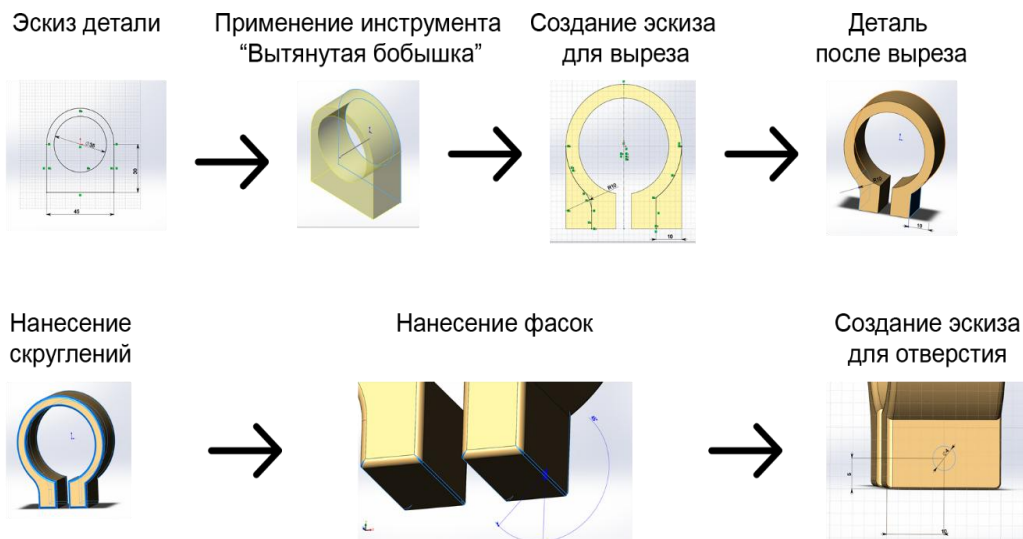
*Научный руководитель: ст. преподаватель Онысько С. Р., Бочарова Н. В.*

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ РАСЧЁТЫ ТРЕХМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ В ПРОГРАММЕ SOLIDWORKS С ПАКЕТОМ SIMULATIONXPRESS**

**Введение.** При создании объемных деталей сталкиваются с проблемой ее расчета вручную из-за их нестандартных форм. В таком случае для проектирования и расчета на прочность можно воспользоваться инструментами программного комплекса SolidWorks. С помощью этого программного комплекса может в несколько раз упроститься процесс проектирования и расчета на прочность необходимой детали вне зависимости от ее форм и размеров.

Целью этой работы является показать алгоритм создания детали, а также этапы при задании модели загрузки детали для выполнения прочностных расчетов, а также анализа полученных результатов, и показать преимущества данного программного комплекса. Задача состоит в том, чтобы показать возможности и удобство, а также простоту в проектировании деталей и расчета на прочность с помощью SolidWorks.

## Проектирование детали (рисунок 1).



**Рисунок 4 - Поэтапный план создания 3D-модели детали**

Для проектирования используется программный комплекс SolidWorks [1, 2].

Для начала необходимо задать эскиз детали для последующего преобразования ее в 3D-модель. Создается с помощью инструмента «Линия» две вертикальные и одна горизонтальные прямые произвольных размеров, одновременно задаются необходимые размеры эскиза, а затем соединяются окончания вертикальных прямых инструментом «Касательная дуга», чтобы их соединяла полуокружность. Горизонтальный размер задается формулой «D2@Эскиз1» = «D1@Эскиз1» \* 1.5. Выполняется окружность радиусом 35мм с помощью формулы «D3@Эскиз1» = «D2@Эскиз1» - 10.

Далее необходимо сделать эскиз определенным. Для этого добавляется один «лишний размер», указывающий радиус дуги, который конфликтует с размером 45мм. Эскиз станет переопределенным и будет предложено сделать эскиз управляемым или управляющим. Для разрешения конфликта делается размер управляющим и используется инструмент «Полностью определенный эскиз» для его определения.

После того как определился эскиз создается 3D-модель детали. Для этого выделяется эскиз и используется инструмент «Вытянутая бобышка». Вытягивается на 20 мм и получается уже 3D-модель, которая будет в дальнейшем редактироваться под необходимые параметры.

Обрезаются ненужные края инструментом «Вытянутый вырез», по новым эскизам. Создается первый эскиз в виде прямоугольника ровно по центру нижней части детали. Вырезается, используя данный эскиз.

Далее, используя инструмент «Центр дуги», проводится дуга от пересечения окружности с горизонтальной осью справа до «прямоугольника», который мы вырезали. Затем, на расстоянии 10 мм от правого края проводится вертикальная прямая от нижнего края до пересечения с данной дугой, а лишняя часть дуги обрезается. Через центр детали проводится вертикальная осевая линия и через нее отзеркаливается наш эскиз на левую сторону.

Используя инструмент «Скругление», делается скругление радиусом 10 мм между дугой и вертикальной дугой на левой части эскиза.



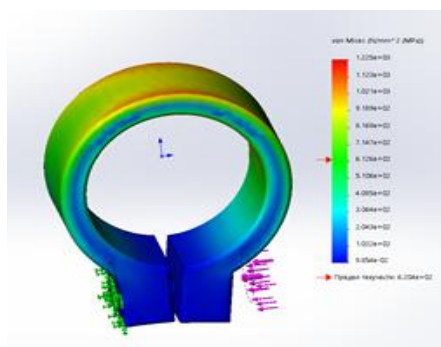
Когда уже выполнен контур детали, можем приступать к выполнению скруглений и фасок. Наносятся скругления и фаски на необходимые ребра детали. Задается скругление радиусом 1мм и выбираются необходимые нам ребра.

Затем делаются фаски, заранее установив параметр “расстояние” равным 0.25 мм и угол 45°, с помощью инструмента “Фаска”.

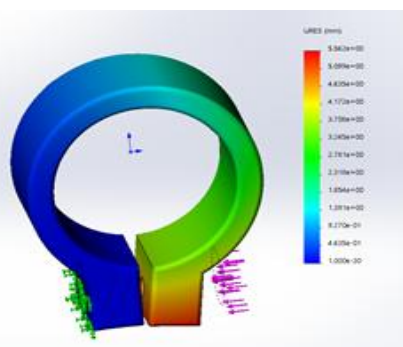
Далее выполняется финальное редактирование детали. На нижнюю боковую грань наносится эскиз окружности и вырезается она, используется инструмент “Вытянутый вырез” с параметром “Сквозь все”.

**Расчет на прочность.** Для расчета на прочность будет использоваться SolidWorks SimulationXpress. С помощью этой программы будут выполняться прочностные расчеты, найдены места большей нагрузки, а может отображаться, как деталь будет себя вести под нагрузкой в виде анимации.

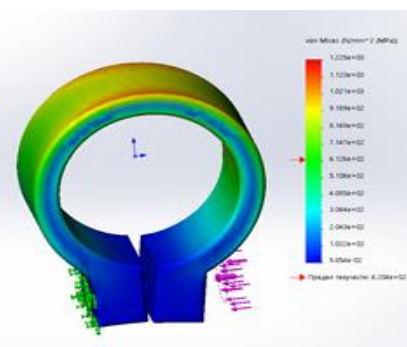
Сначала необходимо задаться креплением детали. Крепление устанавливается на одну боковую грань, а на другую задается нагрузка равная 2000 Н, принимается материал, из которого будет производиться деталь, в нашем случае это легированная сталь, далее запускается анализ детали. После этого отображаются эпюры перемещения, напряжения, деформаций (рисунок 2, 3, 4) и запаса прочности. Программа позволяет после расчета просмотреть анимацию перемещения под нагрузкой и произвести оптимизацию детали.



**Рисунок 5 – Эпюра напряжений**



**Рисунок 6 – Эпюра перемещений**



**Рисунок 7 – Эпюра запаса прочности**

**Вывод.** Данная программа – SolidWorks позволяет спроектировать любые геометрически сложные детали, а расчетный модуль SimulationXpress, который полностью интегрирован в среду программы, предназначен для инженеров-конструкторов, которым необходимо в кратчайшие сроки предварительно получить данные по работоспособности своей конструкции и провести виртуальные испытания. Так же в программе визуально отображаются слабые места детали в графическом виде и ее движение под нагрузкой, что является очень полезным при проектировании деталей. Так как размеры детали задаются параметрически, то можно легко проводить оптимизацию, любое изменение переносится в расчетную конечно-элементную модель и запускается анализ SimulationXpress, чтобы проверить, как изменилось напряженно-деформированное состояние детали и выбрать более оптимальный вариант.

#### **Список цитированных источников**

1. Дударева, Н.Ю. SolidWorks 2009 для начинающих / Н.Ю. Дударева. - М.: Книга по Требованию, 2013. - 448 с.
2. Дударева, Н.Ю. SolidWorks 2009 на примерах / Н.Ю. Дударева. - М.: БХВ-Петербург, 2013. - 631 с.

## **КОМПЛЕКСНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОСТЕЛА СВЯТЫХ ПЕТРА И ПАВЛА В Д. РОЖАНКА ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ КАК ОБЪЕКТА ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Раздел «Комплексные научные исследования» является важнейшей частью проекта по реконструкции и реставрации объекта, включенного в Перечень недвижимых объектов историко-культурного наследия Республики Беларусь. Загрязнение окружающей среды привело к изменению механизмов деструктивных процессов в конструкционных и отделочных строительных материалах памятников архитектуры. Наблюдается также снижение качества работ по сохранению старых сооружений и зданий из-за неудачного выбора реставрационных материалов, возрастает риск утраты ценнейших элементов подсистемы архитектурно-исторической среды древних городов, а обострение экологической ситуации закономерно проявляется возникновением критических проблем сохранения памятников архитектуры. Этот факт определяет необходимость при выборе материалов для реставрации не только оценивать и учитывать их воздействие на окружающую среду по их жизненному циклу, но и агрессивное воздействие окружающей среды на материал памятника и реставрационные материалы [1].

Ремонтно-реставрационные работы, как правило, начинаются с комплексного технического обследования зданий. При проведении обследования очень часто выясняется, что кроме реставрации самого фасада здания необходимо выполнить комплекс работ по усилению фундамента и устройству гидроизоляции в подвальных помещениях, по устранению причин капиллярного подсоса влаги в ограждающие конструкции здания или сооружения [2, 3].

Деревня Рожанка ранее назвалась Пацавская, потому что принадлежала (с XVI столетия) могучему и известному роду Пацей. Благодаря Михаилу Пацу, в 1674 году в Рожанке появился костел Святых Петра и Павла, построенный из кирпича и бутового камня. В начале XIX столетия он был перестроен в новом, ретроспективно-готическом стиле, модным в те годы. В 1924–25 годах прошла очередная реконструкция храма, но на внешний облик она не повлияла. Храм был закрыт в 1960 году и переоборудован под магазин. В 1989 году возвращён Католической церкви, после годовичного ремонта заново освящён в 1990 году. Костел в д. Рожанка включён в Государственный список историко-культурных ценностей Республики Беларусь.

В 2019-2020 гг. были проведены физико-химические исследования строительных растворов и окрасочных составов проб с фасадов здания костела в рамках комплексных научных исследований. Целью являлось исследование строительных растворов (соотношение компонентов и гранулометрический состав заполнителей) и окрасочных составов (определение изначальной цветовой гаммы объекта), а также разработка рекомендаций по проведению ремонтно-реставрационных работ и подбору отделочных материалов.

Для анализа представленных образцов применялись микрохимический, гранулометрический и петрографический методы исследований [4, 5, 6]. Гранулометрический состав заполнителей определялся путем просеивания через сита с размером ячеек 2, 1, 0,5, 0,25, 0,125, 0,063 мм согласно рекомендациям ОАО «Белреставрация» Министерства культуры Республики Беларусь (для

создания аутентичных строительных растворов недвижимых объектов историко-культурного наследия 1-й и 2-й категории).

Цвета лакокрасочных покрытий и отделочных составов указаны по каталогу «3D plus» компании CAPAROL. Цвет покрытия определялся путём визуального сравнения образца с эталонной типографской выкраской. Для устранения метамерии определение цвета проводилось при рассеянном естественном освещении [7, 8].

На исследования представлены штукатурные и затирочные известково-песчаные и известково-цементно-песчаные растворы, а также известково-песчаный кладочный раствор. Соответствующие растворы практически не отличались соотношением компонентов и составом. Ряд растворов кардинально отличался по гранулометрическому составу заполнителя (кварцевого песка) и соотношению компонентов раствора.

Результаты послойного исследования представленных проб и определение изначального цвета фрагментов представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Результаты послойного исследования представленных проб и определение изначального цвета фрагментов**

№ пробы	Лицевая поверхность (тип окрасочного состава и цвет по каталогу «3D plus System»)	Первоначальный окрасочный состав представленного фрагмента фасада (тип окрасочного состава и цвет по каталогу «3D plus System»)
1	Состав белого цвета на основе полимерного пленкообразующего. Цвет «Natur Weiß».	Состав светло-бежевого цвета на минеральной основе. Цвет «Ginster 90».
2	Состав белого цвета на основе полимерного пленкообразующего. Цвет «Natur Weiß».	Состав светло-бежевого цвета на минеральной основе. Цвет «Ginster 90».
3	Поверхность не окрашена. Имеются следы сильной биологической коррозии (мхи, водоросли, грибы).	Состав светло-бежевого цвета на минеральной основе. Цвет «Ginster 90».
4	Состав белого цвета на основе полимерного пленкообразующего. Цвет «Natur Weiß».	Состав желтовато-бежевого цвета на минеральной основе. Цвет «Onyx 180».
5	Составом желтовато-бежевого цвета на минеральной основе. Цвет «Onyx 180».	Состав желтовато-бежевого цвета на минеральной основе. Цвет «Onyx 180».
6	Состав желтовато-бежевого цвета на минеральной основе. Цвет «Onyx 180».	Состав желтовато-бежевого цвета на минеральной основе. Цвет «Onyx 180».
7	Состав желтовато-бежевого цвета на минеральной основе. Цвет «Onyx 180».	Состав желтовато-бежевого цвета на минеральной основе. Цвет «Onyx 180».
8	Состав желтовато-бежевого цвета на минеральной основе. Цвет «Onyx 180».	Состав желтовато-бежевого цвета на минеральной основе. Цвет «Onyx 180».
9	Не окрашена.	Не был окрашен.
10	Состав белого цвета на основе полимерного пленкообразующего. Цвет «Natur-Weib».	Состав светло-бежевого цвета на минеральной основе. Цвет «Ginster 90».

Результаты исследования основных строительных растворов представлены в таблице 2.

При проведении ремонтно-реставрационных работ следует учитывать, что исследованные первоначальные штукатурные растворы выполнены известково-песчаными составами, обладающими высокой пористостью, газо- и паропроницаемостью. Материалы для ремонтных работ по своим эксплуатационным характеристикам должны быть аналогичны первоначальным, химически совместимы с оригинальными и обладать высокой щелочестойкостью.

Проведению штукатурных и окрасочных работ должны предшествовать такие важнейшие работы, как ремонт кровли, водосточных систем, а также работы по гидроизоляции здания.

Поэтому рекомендуется следующая схема проведения ремонтно-реставрационных работ.

1. Удаление всех имеющихся слоёв покрасочных составов, а также деструктурированных (разрушенных) фрагментов штукатурного слоя. Очистка поверхностей от продуктов биокоррозии [6, 9]. Все отделочные слои фасада здания (штукатурку, окрасочные составы) следует механически удалить до основания. Для этого необходимо использовать жёсткие щётки, а также скребки и шпатели. Не допускается промывка поверхности холодной водой под давлением.

Визуальное обследование фасадов здания выявило наличие на поверхности обширных пятен зелёного и чёрного цвета. Это говорит о высоком уровне микробной обсеменённости. На образцах с зелёной окраской предположительно преобладают микроскопические водоросли рода *Pleurococcus*, на образцах с чёрной окраской – микроскопические грибы рода *Alternaria*. С целью удаления биологических загрязнений (мохов, грибов, водорослей, плесени) и предотвращения их появления на минеральных строительных материалах, рекомендуются специально разработанные для этих целей составы: обработка водоразбавляемым фунгицидным, альгицидным и бактерицидным средством, не содержащим фенола и солей тяжёлых металлов; предварительная очистка поверхности специальным экологичным средством, не содержащим активного хлора и солей тяжёлых металлов с последующей обработкой бактерицидным, фунгицидным и альгицидным средством, не содержащим фенола, формальдегида и солей тяжёлых металлов. Кроме того, для окраски фасадов рекомендовано использовать реставрационные лакокрасочные материалы, содержащие альгициды и фунгициды с гарантией биозащиты предприятия-изготовителя [7, 8].

**Таблица 2 - Результаты исследования основных строительных растворов**

№	Физико-химические показатели строительных штукатурных растворов					
	Вид раствора	Количественное соотношение компонентов	содержание фракции кварцевого песка с размером зерна, %			
			0,25-0,125 мм	0,5-0,25 мм	1,0-0,5 мм	более 1 мм
1	Изв.-песч. (известь:красная охра = 5:1)	1:2,5	47	34	18	1
2	Изв.-песч. (известь:красная охра = 3:1)	1:3	17	23	46	14
3	Изв.-песч.	4,5:1–4,8:1 (богатый известью)	38	37	20	5
4	Изв.-цем.-песчан.	1:1:5 – 1:1:6	32	62	6	-
5	Изв.-песчан.	1:3	19,5	39	39	2,5
6	Изв.-песчан.	1:2	42,5	48	9	0,5
7	Изв.-цем.-песчан.	1:1:4	21	58	20,5	0,5
8	Изв.-песчан.	1:2,5	24	42	31	3
9	Изв.-песчан. (клад.)	1:2,5 – 1:3	15	26	44	15

2. Подготовка поверхности под покраску: восполнение утраченных фрагментов штукатурки, по необходимости – новые штукатурные работы; грунтование поверхности фасадов [7]. 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 (отечественная) или аналогичная, других производителей, предназначенная для выполнения реставрационных штукатурных работ по основаниям исторических зданий и памятников архитектуры, где требуется применение растворов, не содержащих цементного вяжущего. Основание необходимо укрепить специальной грунтовкой для ремонтно-реставрационных работ.

Для получения высококачественной отделки рекомендуются штукатурки из силикатных материалов. Новую штукатурку рекомендуется выдерживать в неокрашенном виде 2-4 недели. Для выравнивания неровно затёртой штукатурки и затирки микротрещин рекомендуется использовать известковую затирку на основе диспергированной белой извести, специально предназначенную для выполнения реставрационных работ по основаниям исторических зданий и памятников архитектуры, где требуется применение растворов, не содержащих цементное вяжущее.

Кроме того, для получения высококачественной наружной отделки на фасадах здания, рекомендуется затирать поверхность или отдельные участки ремонтной минеральной шпатлёвкой, не содержащей цемента. Для фасадов, подверженных сильным атмосферным воздействиям, рекомендуется дополнительно производить обработку штукатурки промежуточным отделочным материалом - заполняющей адгезионной грунтовкой.

Перед окраской поверхность рекомендуется 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. Для обработки минеральных известковых поверхностей рекомендуется адгезионная грунтовка, предназначенная для грунтования стен, оштукатуренных известковыми штукатурками на исторических объектах и памятниках архитектуры [1, 7].

В случае приготовления штукатурного раствора на строительной площадке следует использовать известь с содержанием активных CaO и MgO не менее 65%. Песок должен соответствовать требованиям ТНПА РБ и быть отмыт от глинистых примесей. Перед оштукатуриванием поверхность необходимо тщательно обеспылить и очистить от загрязнений.

Применяемые штукатурные растворы по физико-химическому составу должны быть максимально близки к аутентичным составам. На объектах историко-культурного наследия 1 и 2 категории (церкви, костелы, ратуши и т. п.) запрещается применение составов, содержащих цемент и современные добавки для строительных растворов. В случае отсутствия штукатурных растворов, близким к аутентичным, у отечественных производителей сухих смесей, следует обратиться к зарубежным аналогам европейских производителей, имеющих большой опыт в реставрации недвижимых объектов историко-культурного наследия.

Восстановление бутовой кладки рекомендуется на сложном растворе М50F50 с защитным покрытием из цементно-песчаного раствора М100F100. Возможно применение кладочных растворов зарубежных производителей, рекомендованных для реставрационных работ с соответствующей прочностью на сжатие и морозостойкостью.

3. Окрашивание поверхности фасадов. Окрашивание поверхности следует проводить составами, формирующими покрытие с высокой паропроницаемостью и низким водопоглощением. Для этого в наибольшей степени подходят известковые краски и краски на силикатной основе. Такие краски образуют наиболее микропористое покрытие, гидрофобное покрытие с низким грязеудержанием и могут наноситься на высокощелочные основания. В частности рекомендуются высококачественные известковые краски, специально предназначенные для реставрационных работ по известковым основаниям, имеющие высокую паропроницаемость. Данные краски содержат в своём составе жидкое стекло с органическими стабилизаторами, обладают высокой укрывистостью и светостойкостью. Перед нанесением основного слоя краски рекомендуется производить грунтовочное покрытие, которое представляет собой грунтовку и растворитель на силикатной основе для укрепления минеральных подложек и выравнивания сильно или неравномерно впитывающих поверхностей.

Производить покраску фасадов рекомендуется не ранее, чем через 28 суток после выполнения всех подготовительных (штукатурных и т. д.) работ. При окраске данного фасада недопустимо использование обычных воднодисперсионных красок на основе акриловых полимеров. В этом случае может произойти омыление полимерного плёнообразователя, что сопровождается шелушением краски, отслоением её от подложки и изменением первоначального цвета. Кроме того, низкая паропроницаемость покрытия может привести к его отслоению от минеральной подложки [4, 7, 9].

4. Обработка открытых поверхностей растворов бутовой отделочной кладки (из натурального камня) и цокольной части здания гидрофобизирующими бесцветными составами. Современные технологии позволили создать усовершенствованные стройматериалы, которые помогают сделать конструкции более долговечными. Одним из таких средств является гидрофобизатор для бетона и растворов, с помощью которого можно значительно повысить эксплуатационные характеристики и прочность бетонных изделий. Гидрофобизирующая добавка выпускается в виде пропитки, в состав которой входят органические вещества. Гидрофобизатор имеет вязкую структуру, которую наносят на бетонную поверхность. Такая обработка позволяет создать плотную пленку, надежно покрывающую пустоты в бетоне. Таким образом, внутрь материала не проникает влага. Гидрофобизатором пользуются для защиты натуральных камней, черепицы, керамики [3, 7]. Применение состава не представляет опасности для окружающей среды и здоровья человека. Гидрофобизаторы для бетона и растворов почти не поддаются воздействию ультрафиолета, перепадов температуры и осадкам. Использование добавки для пропитки разных видов бетонных поверхностей даст следующие положительные результаты: снизить риск разрушения материала; воспрепятствовать появлению коррозионных процессов; добиться водоотталкивающего эффекта. Произво-

дить гидрофобизацию рекомендуется не ранее, чем через 28 суток после выполнения штукатурных работ.

При проведении ремонтных работ особое внимание следует уделить ремонту кровли и водосточных систем. Практика показывает, что здания часто подвергаются разрушению вследствие неправильной работы водостоков, неправильного устройства кровли, а также износу или поломке водосточных систем (т. е. дождевая вода практически стекает по наружной стене). Наружная стена, в том числе цоколь здания, постоянно влажная, осенью и весной, при достаточно низких плюсовых температурах в течение светового дня не высыхает. Из-за постоянного присутствия влаги протекает процесс гидролиза, что ведет к повышению рН среды. Деструкции подвергается не только штукатурный, но и окрасочный состав.

Многие десятилетия из-за отсутствия средств реставрация зданий в большинстве случаев сводилась лишь к легкому косметическому ремонту. Такие ремонты привели к образованию многослойного пирога из цементной и известковой. Поэтому особенно важно проводить различные консервационные и реставрационные работы: химическое укрепление частично разрушенных материалов, защиту их от воздействия солнечной радиации, а также от биологических разрушающих факторов.

#### **Список цитированных источников**

1. Тур, Э.А. К вопросу о сохранении объектов историко-культурного наследия в г. Бресте / Э.А. Тур, С.В. Басов // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2018. – № 1: Строительство и архитектура. – С. 17-21.
2. Никитин, Н.К. Химия в реставрации: справ. пособие / М.К. Никитин, Е.П. Мельникова. – Л.: Химия, 1990. – 304 с.
3. Тур, Э.А. Реставрация Коссовского дворца Пусловских и решение возникших при этом технических проблем / Э.А. Тур, В.Н. Казаков, С.В. Басов // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2017 – № 1: Строительство и архитектура. – С. 128-131.
4. Ратинов, В.Б. Химия в строительстве / В.Б. Ратинов, Ф.М. Иванов. – М.: Стройиздат, 1969. – 198 с.
5. Тур, Э.А. Исследование минеральных материалов, использованных при постройке дворцового комплекса Сапегов в Ружанах / Э.А. Тур, С.В. Басов // Вестник Брестского государственного технического университета. – Брест: БрГТУ, 2014. – №1: Строительство и архитектура. – С. 88-91.
6. Ивлиев, А.А. Реставрационные строительные работы / А.А. Ивлиев, А.А. Калыгин. – М.: ПрофОбрИздат, 2001. – 272 с.
7. Фрессель, Ф. Ремонт влажных и повреждённых солями строительных сооружений / Ф. Фрессель. – М.: ООО «Пэйнт-медиа», 2006. – 320 с.
8. 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.
9. Подъяпольский, С.С. Реставрация памятников архитектуры / С.С. Подъяпольский, Г.Б. Бессонов, Л.А. Беляев, Т.М. Постникова. – М.: Стройиздат, 1988. – 267 с.



УДК 528.48[621/64:661.5]

**Чадович Н. В.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Кандыбо С. Н.**

## **ОБОСНОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРЕНА СООРУЖЕНИЙ БАШЕННОГО ТИПА**

Сооружениям башенного типа на стадии строительства и эксплуатации, вследствие их конструктивных особенностей и постоянного влияния техногенных и природных факторов, могут претерпевать различного вида деформации, то есть различные изменения в их пространственном положении. Подобные деформации вызывают дополнительный момент, который может привести к потере устойчивости сооружения. Цель геодезических наблюдений – получить численные данные, характеризующие абсолютные величины деформаций для осуществления мероприятий по предотвращению возможных разрушений. Поэтому, проблема выбора и обоснования рациональных способов получения максимума информации о пространственном положении сооружений башенного типа всегда являлась вполне своевременной и актуальной задачей, неразрывно связанной с новейшими достижениями науки и техники.

Предельные деформации сооружений устанавливаются правилами технической эксплуатации соответствующих сооружений, технологическими или архитектурными требованиями, а при их отсутствии, в случаях окончательных расчетов сооружений III уровня ответственности и предварительных расчетов сооружений II уровня ответственности с геотехническим риском строительства А и Б, предельные деформации допускается принимать по таблице В.1 ТКП 45-5.01-254-2012 «Основание фундаментов зданий и сооружений. Основные положения» [1]. Согласно [1], для дымовых труб высотой до 100 включительно относительный крен не должен превышать величины – 0,005, для дымовых труб высотой от 100 до 300 метров –  $1/(2H)$ , для жестких сооружений высотой до 100 м – 0,004. Для антенных сооружений связи: стволы мачт заземления – 0,002; стволы мачт, электрически изолированные – 0,001. Согласно [2], предельные абсолютные погрешности измерения крена в зависимости от высоты  $H$  объекта и вида фундамента не должны превышать:  $0,0001H$  – для гражданских зданий;  $0,0005H$  – для промышленных зданий, дымовых труб, доменных печей, башен и др.;  $0,00001H$  или  $0,00001L$  [где  $L$  – длина (ширина) фундамента] для фундаментов под машины и агрегаты. Например, для промышленного здания высотой 20 м предельное значение погрешности измерения крена равно  $m_{Qпред} = 10$  мм, а для дымовой трубы высотой 300 м –  $m_{Qпред} = 150$  мм.

Требования к необходимой точности геодезических измерений можно также установить в зависимости от требований к предельным значениям кренов сооружений, изложенных в нормативных документах. Исследования российских и зарубежных ученых [3,4,5], связанных с нормированием точности геодезических работ, как правило направлены на обоснование корректного перехода от допусков СНиП и других нормативных документов к средним квадратическим погрешностям (СКП)  $m$  геодезических измерений. Наиболее часто точность геодезических измерений устанавливается путем введения так называемых понижающих коэффициентов  $k$  на такие допуски, которые находятся в пределах 0,2 – 0,7.

Рассчитаем предельные значения крена для промышленных труб с учетом требований нормативных документов [1, 2]:

**Таблица 1 – Предельные значения крена для промышленных труб**

Вид конструкции	Высота трубы, м	Предельно допустимое значение крена		Средняя квадратическая погрешность $m_Q = \frac{kQ}{2}$ , мм
		Абсолютное Q, мм	Относительное значение Q/H	
Металлические трубы	20	60	0,0033	6
	40	120		12
	60	180		18
	80	240		24
	100	300		30
	120	360		36
Кирпичные, железобетонные, неметаллические трубы	20	140	0,007	14
	40	280		28
	60	420		42
	80	550		55
	100	650	0,0065	65
	120	680	0,0057	68
	150	700	0,0047	70
	200	700	0,0035	70
	250	700	0,0028	70
300	700	0,0023	70	

Согласно требований [2] предельные (допустимые) погрешности измерения крена не должны превышать 0,2 величины строительных допусков, т.е.  $k = 0,2$ . Для предельных абсолютных величин Q, приведенных в таблице 1 имеем следующие предельные погрешности определения крена:

$m_{Q\text{пред.}} = 12$  мм для металлической дымовой трубы высотой  $H = 20$  м;

$m_{Q\text{пред.}} = 36$  мм для металлической дымовой трубы высотой  $H = 60$  м;

$m_{Q\text{пред.}} = 140$  мм для кирпичной дымовой трубы высотой  $H = 300$  м и т.д.

За требуемую точность определения крена будем принимать величину, равную половине предельной погрешности. Таким образом, средние квадратические погрешности определения крена  $m_Q = \frac{kQ}{2}$  не должны превышать величин:

$m_Q = 6$  мм для металлической дымовой трубы высотой  $H = 20$  м

$m_Q = 18$  мм для металлической дымовой трубы высотой  $H = 60$  м;

$m_Q = 70$  мм для кирпичной дымовой трубы высотой  $H = 300$  м и т.д.(табл.1).

В работе [4] предложена методика перехода от допусков нормативных документов к СКП геодезических измерений в зависимости от величины нормируемого множителя  $t$ , которому соответствует определённая величина вероятности  $p$

$$m_Q = \frac{kQ}{t}, \quad (1)$$

где Q – абсолютная величина крена сооружения;

k– понижающий коэффициент;

t – нормируемый множитель.

Формула (1) позволяет осуществлять корректный переход от допусков нормативных документов [1,2] к СКП геодезических измерений с учётом степени доверительной оценкой точности. Приведем расчет СКП определения крена для металлической дымовой трубы высотой  $H = 60$  м при различных значениях  $t$  и предельном значении крена  $Q = 180$  мм.

**Таблица 2. - Соотношения между  $m$  и  $t$  при  $k= 0,2; 0,3; 0,4$**

$t$	Вероятность, $p$	СКП определения крена, мм		
		0,2	0,3	0,4
1.6	0.890	22	33	45
2.0	0.955	18	27	36
2.5	0.988	14	22	29
3.0	0.997	12	18	24

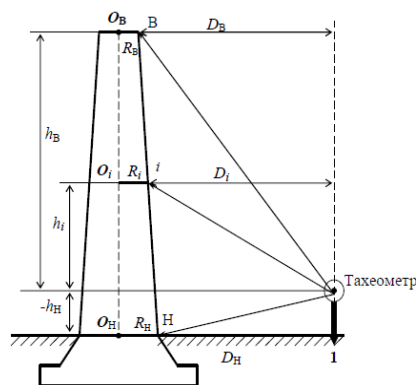
Анализ данных таблицы 2 показывает, что требования к точности геодезических измерений меняется от  $m_Q = 12$  мм до  $m_Q = 45$  мм (почти в 4 раза) в зависимости от значений нормируемого множителя  $t$  и коэффициента  $k$ . Следует отметить, что параметр  $t$  следует выбирать не только в зависимости от имеющихся приборов, точности выполнения работы и её методики, но и из экономических соображений и важности выполняемой работы. Основными факторами, влияющими на выбор методов и средств геодезических измерений, являются: характеристика объекта и вид контролируемых геометрических параметров; требуемая точность контроля параметра; характеристика условий измерений; продолжительность процесса измерений; стоимость средств измерений и контроля в целом; наличие средств измерений и специалистов, выполняющих контроль [4]. Сравнивая требования к необходимой точности определения крена сооружений, и значений их СКП рекомендуется обеспечивать некоторый запас точности при расчете необходимой точности измерений и выборе методов и средств геодезических измерений

В работе [6] приведен расчет необходимой точности геодезических измерений и некоторые рекомендации. Для способа координат необходимо учитывать следующие параметры: значение угла засечки должно находиться в пределах от  $60^\circ$  до  $120^\circ$  ( $60^\circ \leq \gamma \leq 120^\circ$ ); исходные опорные геодезические пункты следует выбирать на расстоянии, не превышающем  $3H$ , где  $H$  – высота сооружения; использовать точные угловые приборы, обеспечивающих среднюю квадратическую погрешность измерений углов  $2''$ – $5''$ .

Анализ научно-технической литературы [3,4,5] показывает, что практически всем известным способам определения крена высоких сооружений присущи недостатки, связанные с жесткими требованиями к выбору места расположения исходных геодезических пунктов для производства наблюдений в двух или более направлениях. В условиях застроенной территории промышленных предприятий (особенно при наблюдениях металлических труб, расположенных внутри производственных корпусов) эти требования выполнить крайне сложно.

В связи с этим актуальной задачей является разработка и создание надежных методов определения геометрических параметров сооружений башенного типа, основанных на использовании бесконтактного оборудования доступной стоимости. Дистанционные подходы измерений основаны на применение современного геодезических приборов: электронных тахеометров, систем наземного лазерного сканирования, спутниковых методов и др.

Одним из таких способов является линейный способ определения крена, основанный на применении электронных тахеометров с большим диапазоном измерений расстояний в безотражательном режиме (до 500 м). В линейном способе горизонтальные проложения  $D$  измеряют при помощи электронного тахеометра от точки стояния прибора до середины, например, дымовой трубы в её нижнем, промежуточных и верхних сечениях. Сравнивая между собой суммы  $D$  и соответствующих им радиусов наблюдаемых сечений, находим величину частных и общего крена трубы.



**Рисунок 1 – Схема определения крена дымовой трубы путём линейных измерений**

Прибавив к каждому горизонтальному проложению  $D_H, D_i, D_B$ , вычисленный соответствующий радиус трубы  $R_H, R_i, R_B$ , можно вычислить крен трубы по направлению наблюдения (рис. 1.)

$$\left. \begin{aligned} K_B &= (D_B + R_B) - (D_H + R_H) \\ K_i &= (D_i + R_i) - (D_H + R_H) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

знак плюс означает крен влево, то есть по направлению наблюдения, а знак минус – вправо, то есть противоположному направлению.

Аналогичные измерения можно провести с другой точки по направлению, перпендикулярному первоначальному. Линейный способ может с успехом применяться для обычных и ферменных металлических труб одного диаметра, в то время как для кирпичных и железобетонных труб необходимо знать радиусы наблюдаемых сечений. Фактические радиусы могут быть определены путем непосредственных измерений периметра  $2\pi R$  доступных наблюдаемых сечений, однако это не всегда возможно [4].

Использование электронного тахеометра безотражательного типа даёт возможность совместить линейный способ определения крена с определением радиуса любого сечения. Сущность способа заключается в следующем. В каждом сечении измеряют трехмерные координаты не менее шести точек поверхности сооружения и проецируют их на горизонтальную плоскость. Камеральная обработка заключается в определении координат центров окружностей  $x$  и  $y$  и их радиусов в каждом сечении:

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{\Delta_x}{\Delta} \\ y &= \frac{\Delta_y}{\Delta} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где  $\Delta$  равно

$$\Delta = 4(x_1 - x_2)(y_1 - y_3) - 4(x_1 - x_3)(y_1 - y_2) \quad (4)$$

а числители  $\Delta_x$  и  $\Delta_y$  находят по формулам:

$$\Delta_x = [x_1^2 - x_2^2] + (y_1^2 - y_2^2)(y_1 - y_3) - [x_1^2 - x_3^2] + (y_1^2 - y_3^2)(y_1 - y_2)$$

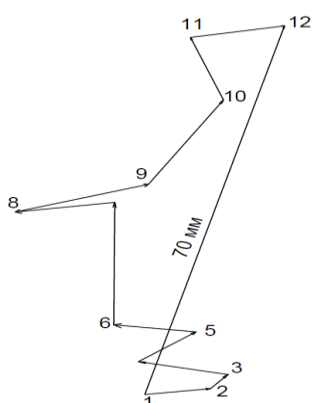
$$\Delta_y = [x_1^2 - x_3^2] + (y_1^2 - y_3^2)(x_1 - x_3) - [x_1^2 - x_2^2] + (y_1^2 - y_2^2)(x_1 - x_2)$$

По координатам центра можно вычислить радиус  $R$  наблюдаемого сечения по формулам

$$R = \sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2} = \sqrt{(x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2}$$

$$= \sqrt{(x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2} \quad (5)$$

получая по ним три одинаковых значения радиуса.



**Рисунок 2. Смещение центров сечения сооружения по уровням**

Если число точек больше трех, возникает задача подборка окружности оптимального радиуса  $R_{opt}$  наименее отклоняющейся от заданных точек. Вычисление радиусов сечений и определение координат их центров по методу наименьших квадратов можно выполнить в системе MatLab, в программе LisCAD и др.

По координатам центров наблюдаемых сечений определяют частные и общий крен сооружения даже с одной станции тахеометра. Измерив расстояние между центрами окружностей, например, для сечения 1 (точка 1) и 12 (точка 12), получим абсолютное значение крена сооружения (рис. 2).

Таким образом, метод геодезического контроля кренов сооружений башенного типа с использованием электронных тахеометров имеет ряд преимуществ: позволяет определять величину крена и его направление с одной станции; применим для сооружений различной конфигурации и высоты; позволяет оперативно получать результаты; точность результатов в меньшей мере зависит от расположения опорных геодезических пунктов. Применение метода особенно актуально на крупных промышленных предприятиях, где имеются десятки сооружений башенного типа.

Для линейного способа теоретическая погрешность определения крена сооружений зависит в основном от точности линейных измерений, и при использовании точных электронных тахеометров с СКП углов  $m_\beta = 2 - 5''$  и СКП измерения расстояний  $m_s = 2 - 3$  мм составит  $\pm 6-9$  мм соответственно [6]. Это удовлетворяет требованиям к точности определения крена сооружений различной конструкции и высоты (табл.1) ( так максимальная точность  $m_Q = 6$  мм требуется при наблюдениях металлической дымовой трубы высотой  $H = 20$  м).

Общеизвестно, что точность измерения расстояний в безотражательном режиме зависит от цвета, формы и размера цели, на которую выполняется измерение, углов визирования на отражающие поверхности, влажности воз-

духа и поверхности, природных осадков, рассеивание лазерного луча при увеличении расстояний до объекта и др. Последний аспект - рассеивания луча влияет на предельные ограничения в измеряемых расстояниях электронными тахеометрами в безотражательном режиме.

Для разработки практических рекомендаций по применению вышеизложенного метода необходимо выполнить исследования точности безотражательного режима измерений расстояний электронными тахеометрами различных фирм.

#### **Список цитированных источников**

1. ТКП 45-5.01-254-2012. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения: – Введ. 01.07.2012. – Минск: МАиС РБ, 2012. – 102 с.
2. П1-2019 к ТКП 45-1.03-313-2018 Геодезические работы в строительстве. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2019. – 75 с.
3. Руководство по определению кренов инженерных сооружений башенного типа геодезическими методами. – Москва: Стройиздат, 1981 – 54 с.
4. Шеховцов, Г. А. Контроль пространственного положения и формы высоких сооружений башенного типа: моногр. / Г.А. Шеховцов. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2018. – 216 с.
5. Марфенко, С.В. Геодезические работы по наблюдению за деформациями сооружений: Учебное пособие / С.В. Марфенко // М.: Изд-во Московского государственного ун-та геодезии и картографии. 2004. – 35 с
6. Смутько, Т.В. Определение кренов сооружений башенного типа / Т.В. Смутько // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов: в 2 ч. – Брест: БрГТУ, 2019 – Ч. 1. – С. 250-254;

УДК [691.535:693.554]:666.193.2

**Чадович Н. В.**

**Научные руководители: ассистент Смутько Т. В., доцент Кандыбо С. Н.**

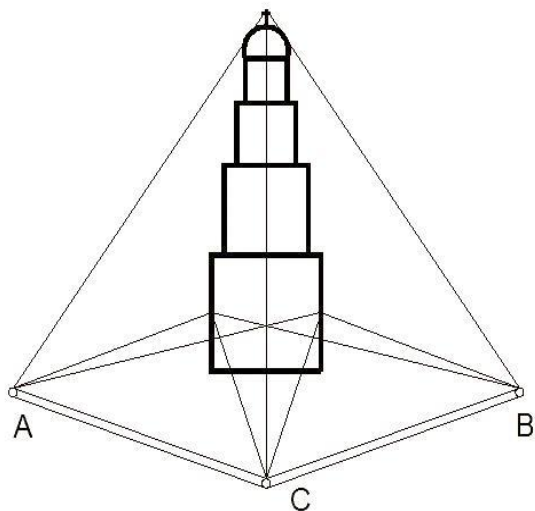
#### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ КРЕНА СООРУЖЕНИЯ БАШЕННОГО ТИПА ЭЛЕКТРОННЫМИ ТАХЕОМЕТРАМИ**

Одним из дистанционных способов определения крена сооружений башенного типа является линейный способ, основанный применении электронных тахеометров с большим диапазоном измерений расстояний в безотражательном режиме (до 500 м). Он позволяет вычислить координаты поверхности сооружения с большой точностью и на разных сечениях и определять величину крена и его направление даже с одной станции [2].

Цель работы - определить крен колокольни Свято-Воскресенского собора (г. Брест) способом способ координат и линейным способом и выполнить сравнение полученных результатов.

**Организация наблюдений.** Для организации наблюдений на местности вокруг сооружения на расстоянии 1,5-2 высоты были выбраны и закреплены три пункта А, С и В (рис. 1). Их координаты были определены относительно

пунктов учебного полигона БрГТУ в местной системе координат г. Бреста. Измерения выполнялись: электронными тахеометрами LeicaFlexLineTS06 plus (СКП измерения горизонтальных углов 2" и СКП измерения расстояний в безотражательном режиме равна 2мм+2мм/км) и TrimbleM3 5"DRPlus (СКП измерения горизонтальных углов 5" и СКП измерения расстояний в безотражательном режиме 3мм+2мм/км).

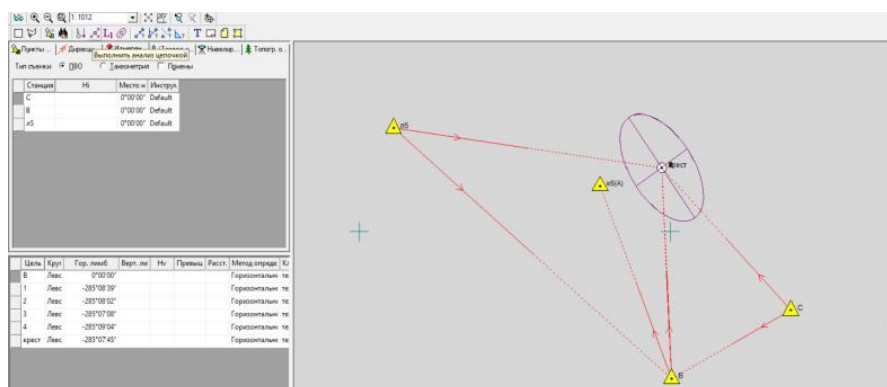


**Рисунок 1 – Схема измерений прямой угловой засечкой**

В способе координат для контроля и повышения точности определения крена использовалась двукратная засечка (2 треугольника) (рис.1). Измерения горизонтальных углов выполняли способом круговых одним приёмом при круге лево. При измерении горизонтальных углов наблюдали на образующие, так как центра колокольни не видно, а в качестве направления на центр принимает среднее из направлений на образующие в верхней части каждого яруса колокольни. В измерения включен верх креста колокольни.

Для реализации линейного способа электронный тахеометр устанавливали на точках А, С и В с хорошей видимостью полной стороны башенного сооружения. На каждом горизонтальном сечении через приблизительно равные угловые расстояния тахеометром измеряли трехмерные координаты поверхности колокольни (от 8 до 20 точек). Координатам точек каждого сечения присваивали свой номер и они записывались в оперативную память тахеометра. Координаты верха креста определяли угловой засечкой с трех пунктов, так как в безотражательном режиме выполнить измерения на поверхности близкие к зеркальным (с отражающей способностью 0,95 до 0,98) невозможно.

Для математической обработки результатов измерений способом координат был использован параметрический способ уравнивания метода наименьших квадратов, который лежит в основе программы CREDO\_DAT.



**Рисунок 2 – Обработка результатов измерений в программном комплексе CREDO\_DAT**



По разности координат центров сооружения вверху и внизу, представленных в таблице 3.1, находят составляющие крена  $Q_x$  и  $Q_y$ :

$$Q_x = X_B - X_H; Q_y = Y_B - Y_H; Q = \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}; \operatorname{tg} \alpha_Q = \frac{Q_y}{Q_x} \quad (1)$$

где  $Q_x$ ,  $Q_y$ ,  $Q$  – соответственно значения частных кренов по осям  $X$ ,  $Y$  и значение общего крена в линейной мере;

$\alpha_Q$  – дирекционный угол, характеризующий направление крена.

**Таблица 1 – Координаты центров ярусов и исходных пунктов (способ координат)**

Имя пункта	Координаты в местной системе координат, м		Крен, м и его направление
	X	Y	
1	12439,092	10794,452	$Q_x = + 0,021$ м; $Q_y = +0,05$ м;  $Q = 0,05$ м $Q_{\text{отн}} = 0,001$ $\alpha_Q = 67^\circ 13'$ (СВ)
2	12439,138	10794,480	
3	12439,152	10794,498	
4	12439,091	10794,500	
крест	12439,113	10794,502	

Радиусы сечений  $R$  были вычислены по горизонтальному расстоянию  $d$  и углу  $\Delta\beta$ , составленному направлениями касательных к образующим по формуле (1) и приведены в таблице 2.

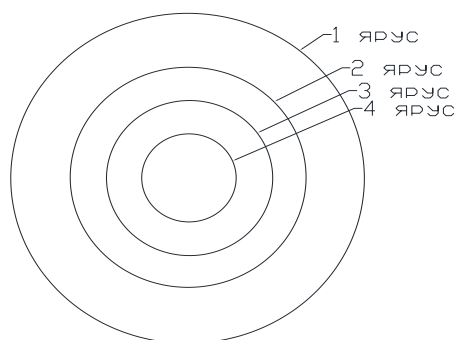
$$R = d \cdot \sin \frac{\Delta\beta}{2} \quad (2)$$

**Таблица 2 – Вычисление радиусов сечений (способ координат)**

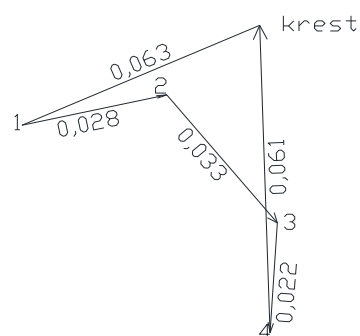
Сечение	Радиусы сечений, м			Среднее значение радиуса, м
	Станция В	Станция С	Станция А	
1	7,86	7,85	7,84	$r_1 = 7,85$ м
2	5,25	5,22	5,23	$r_2 = 5,23$ м
3	3,65	3,68	3,70	$r_3 = 3,68$ м
4	2,09	2,11	2,12	$r_4 = 2,11$ м

Полученные результаты хорошо согласуются с результатами работ, выполненных в 2013 году по определению крена Свято-Воскресенского собора методом прямоугольных координат [3].

Для обработки результатов измерений в линейном способе координаты точек каждого сечения были импортированы в программу AutoCAD (рис. 3) где были построены радиусы окружностей, по средним значениям координат. Результаты вычислений радиусов приведены в таблице 3.



**Рисунок 3 – Радиусы окружностей в программе AutoCAD**



**Рисунок 4 – Смещение центров сечения по каждому ярусу колокольни.**

**Таблица 3 – Радиусы по трем точкам окружности (линейный способ)**

Сечение	Радиусы сечений, м	
	LeicaFlexLine TS06 plus	TrimbleM3 5"DRPlus
1	7,84	7,85
2	5,23	5,24
3	3,69	3,70
4	2,10	2,09

Следует отметить, что для определения радиуса каждого сечения и координат центра достаточно трех точек, лежащих на этой полуокружности. Однако, учитывая, что реальные измерения подвержены некоторым погрешностям при построении радиуса и центра окружности, используют метод наименьших квадратов, реализованный в программах LISDAD, Mathcad и др.

В программе AutoCAD определили плановое положение центров окружностей и последовательно соединили центры каждого сечения. Стрелками обозначено перемещение центра от одного сечения к другому. Измерив расстояние между центрами окружностей для первого яруса и креста, получили абсолютное значение крена колокольни (рис.4). В данном случае для измерений выполненных тахеометром LeicaFlexLine TS06 plus абсолютное значение крена колокольни составило 0,063м с дирекционным углом направление крена  $\alpha_Q = 70^\circ 24'$  (СВ). Для измерений выполненных тахеометром TrimbleM3 5" 0,058м с дирекционным углом направление крена  $\alpha_Q = 151^\circ 42'$  (ЮВ).

Значение относительного крена для колокольни высотой 56,4 м составляет 0,001 для обоих способов, что не превышает допустимого значения 0,004 [1]. Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. в обоих способах абсолютная величина крена и его направление практически одинаковы (расхождение не превышает предельной точности измерений). Расхождение дирекционного угла крена прежде всего связано с невозможностью точно определить координаты верха креста угловой засечкой, так как нет конкретной точки наблюдения.

2. расхождение вычисленных радиусов всех сечений сооружений, для двух способов не превышает величины  $\pm 0,01$  м.

3. Использование электронного тахеометра позволяет совместить линейный способ определения крена с определением радиусов наблюдаемых сечений для сооружений башенного типа, имеющего в сечении окружность. По координатам центров наблюдаемых сечений можно определить частные и общий крен сооружения всего с одной точки стояния тахеометра.

4. в случае, если значение крена близко к предельному значению, нельзя ограничиваться только одним способом, а следует применить несколько способов определения крена и проанализировать результаты.

#### **Список цитированных источников**

1. ТКП 45-5.01-254-2012. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения: – Введ. 01.07.2012. – Минск: МАиС РБ, 2012. – 102 с.

2. Шеховцов, Г. А. Контроль пространственного положения и формы высоких сооружений башенного типа: моногр. / Г.А. Шеховцов. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2018. – 216 с.

3. Галожин, И.С. Сравнение точности определения крена высотного сооружения способом координат и с помощью дифференциальных формул / И.С. Галожин, Е.С. Прокопук // Сборник конкурсных работ студентов и магистрантов: в 2 ч. – Брест: БрГТУ, 2013. – Ч.1. – С. 173-177.

УДК 339.56:69

**Шевчик А. В.**

*Научный руководитель: доцент Надеина Н. Г.*

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Введение.** Актуальность выбранной автором темы обусловлена тем, что в современных условиях, где наблюдается интенсификация спада различных сфер экономики, экспортная политика государства приобретает все большую значимость, так как от неё в значительной степени зависит приток валюты в страну. В сфере развития экспортного потенциала республики и ее регионов, важное значение приобретает экспортный потенциал строительных организаций данного региона, так как от эффективности торговли в сфере строительства зависят результаты деятельности людей практически во всех сферах жизни и бизнеса. Таким образом, вопрос повышения экспортного потенциала строительных организаций всегда актуален.

#### **Основная часть**

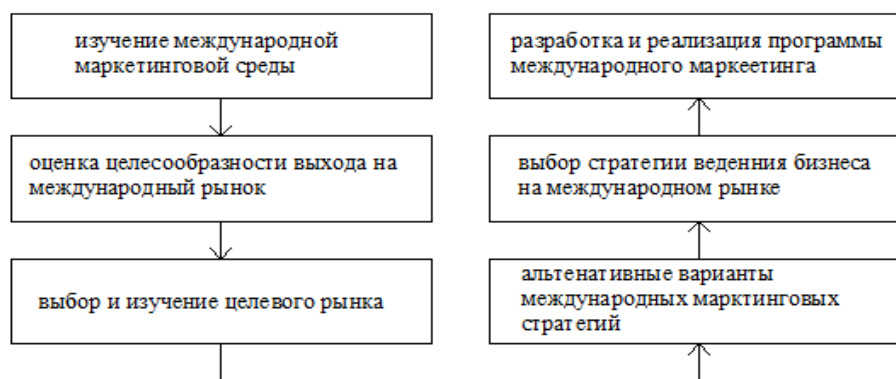
В настоящее время развитие экспортного потенциала обоснованно занимает важное место в сфере мировой экономики, а также в сфере развития экономики регионального масштаба, так как рост национальной экономики в немалой степени зависит от экспортных возможностей любого государства [1].

Стимулирование появления тенденций ориентации строительной отрасли не только на внутренний, но и на внешний рынок, по мнению автора, создало бы своеобразный экономический демпфер. Так как подобным образом ориентированная национальная строительная отрасль могла бы работать более эффективно в неблагоприятных внутренних экономических условиях и работа ее характеризовалась бы большей устойчивостью и обеспечивала бы постоянное вовлечение зарубежных финансов в экономику республики, что, по мнению автора, особенно важно на фоне сложившегося отрицательного сальдо внешней торговли Республики Беларусь.

Кроме того, автор считает важным аспектом для развития экспортной политики любого государства то, что в современном мире существует тенденция глобализации международных стандартов путем разработки и внедрения ИСО (ISO). Внедрение ИСО (ISO), как известно, актуально для нашей страны [3].

Экспортный потенциал, в свою очередь, представляет собой способность национальной экономики производить конкурентоспособные на мировом рынке товары и услуги. Причем важным аспектом является необходимость производства товаров и услуг путем обязательного использования сравнительных национальных преимуществ. К национальным преимуществам автор относит: географическое положение, присущие только данному региону природные ресурсы, макроэкономические, политические, законодательные, инфраструктурные факторы, уровень образования населения, достаточно высокую производительность труда и относительную дешевизну трудовых ресурсов и т. д., а также и новых конкурентных преимуществ, основанных на инновационном потенциале, достижениях науки и научно-технического прогресса.

После оценки сложившейся ситуации вопрос разработки реального механизма выхода строительных организаций Республики Беларусь на зарубежный рынок становится очевидным.



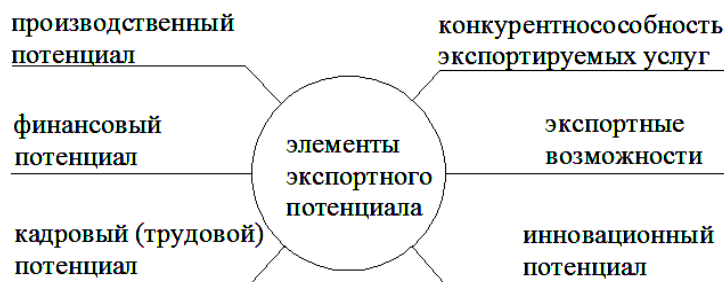
**Рисунок 1 – Блок-схема, демонстрирующая последовательность этапов по разработке механизма выхода конкретной строительной организации на зарубежный рынок**

Выход отечественных строительных предприятий на внешние рынки не может обойтись без оценки специалистами предприятия-экспортера собственных показателей по сферам производственного, финансового и кадрового потенциала. Также немаловажным моментом является оценка специалистами предприятия своих экспортных возможностей, собственного инновационного потенциала и конкурентоспособности собственных производимых на экспорт услуг (рис. 1).

Все вышеперечисленные показатели в совокупности составляют экспортный потенциал предприятия-экспортера. И некоторая количественная их оценка позволяет оценить экспортные возможности данного предприятия.

Автор также считает, что важным условием для отечественных строительных организаций, существующих длительный период времени на рынке, является необходимость интенсифицировать применение более универсального оборудования в различных условиях строительных площадок разных регионов, способного производить более широкую номенклатуру строительных изделий и товаров. Необходимым организационным аспектом развития экспортного потенциала строительных организаций также является требование повышенного внимания отечественных строительных организаций к качеству и безопасности производимой продукции (если речь идет об организациях-производителях строи-

тельных товаров), а также повышенного внимания организаций-застройщиков и экспортеров строительных услуг к их качеству и безопасности с учетом соответствующих высоких требований и стандартов зарубежного рынка.



**Рисунок 2 – Элементы экспортного потенциала строительных организаций,**

подлежащие оценке строительных предприятий при входе на внешние рынки. То есть существует явная необходимость соотнесения и, в том числе, некоторой адаптации отечественных стандартов и норм в сфере строительства под соответствующие зарубежные нормы, для чего необходимы соответствующие планомерные внедрения изменений в практику управления и организации всей системы строительной сферы.

В сложившейся политической и экономической обстановке в Республике Беларусь эффективность работы на внешних рынках также в значительной степени зависит от действующей в стране государственной системы поддержки экспорта, по мнению автора, объясняется это сложившейся на базе существующего в прошлом Советского Союза специфической постсоветской обстановки в сфере экономики и бизнеса республики, которая подразумевает ориентацию многих сфер экономики на государственный сегмент. Государственная поддержка экспорта товаров и услуг включает в себя такие механизмы воздействия, как:

- стимулирование экспортного производства;
- прямая поддержка экспорта;
- поддержка торгово-политическими мерами.

Кроме этого, результатом могут быть и благоприятные условия для интенсификации привлечения зарубежного капитала в республику.

Автор предполагает, что, не уделяя внимание вышеуказанным тенденциям и организационно-технологическим аспектам, реализация развития экспортного потенциала строительных организаций Республики Беларусь не может быть достижима на высоком уровне.

#### **Список цитированных источников**

1.Медведев, В.Ф. Экспорт в системе реализации стратегии национального суверенитета Республики Беларусь : (оценки и прогнозные ориентиры — 2030) / В.Ф.Медведев, В. В. Почекина, Т. А. Ткалич. – Минск: Право и экономика, 2017. – 193 с.

2.Научная электронная библиотека «Киберленинка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-formirovaniya-kontseptsii-sistemnyh-svoystv-marketinga> – Дата доступа: 18.04.2020.

3. Высоцкий, О.А. Теория и методология переходных процессов: на примере многоотраслевых производственных предприятий жилищно-коммунального хозяйства / О.А. Высоцкий; под науч. ред. В.Ф. Медведева. – Минск: ИООО «Право и экономика», 2013. – 220 с.

## МОНУМЕНТАЛЬНОЕ ИСКУССТВО В СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЕ

**Введение.** Монументальное искусство – это не вид искусства, а род, «семейство», включающее скульптурные монументы, рельеф, стенную роспись, мозаику, витражи и др. [1].

Это искусство в синтезе с архитектурой организует среду, которую люди создают для своей жизни. В свою очередь такая среда задаёт образ города. Поэтому монументальное искусство можно назвать неотъемлемой частью архитектурно-пространственной среды.

**Цель работы** – выявить, какую роль играет монументальное искусство на сегодняшний день в архитектурной среде, а также какие новые методы используются в создании монументальных произведений.

**Методы исследования.** В работе использовались следующие методы исследования: анализ литературных и интернет-источников.

**Результаты и их обсуждение.** Монументальное искусство отвечало за художественное преобразование пространства во все времена.

Если рассматривать Беларусь, то здесь монументальное искусство получило наибольший расцвет именно в советские годы. Государство умело использовало монументальные произведения, чтобы донести массам советскую идеологическую пропаганду, т. к. именно такое искусство хорошо воздействует на мысли и эмоции большинства людей, позволяет выражать актуальные идеи и воплощать философские концепции.

Нужно заметить, что такой род искусства нуждается в заказчике, потому что это масштабность работы, а следовательно, трудоёмкость создания, и большая стоимость. Поэтому заказчиком в большинстве случаев выступало государство в этот период.

Всё изменилось, когда Советский Союз распался. Количество государственных заказов резко сократилось, т. к. не было больше такой заинтересованности в этом. И на сегодняшний день в основной массе всё ограничивается только заказом на монументальную скульптуру, которая является памятником.

Упадок востребованности монументального искусства в архитектурной среде на сегодня можно объяснить тем, что для его развития требуется такой аспект, как коллективное сознание, а не индивидуальное. Так же причиной упадка является и то, что современная архитектура развивается сама по себе, она активна и самодостаточна.

Так на данный момент системной работы в этой области нет. Это искусство начало уходить в частные дома, но не в таких масштабах, как раньше. Поэтому современным художникам-монументалистам нередко приходится работать в сфере частного заказа. В основном это настенная интерьерная роспись.

Но современная роспись интерьеров во многом отличается от предыдущей: начиная от материалов и заканчивая технологиями. Она стала очень актуальной в наши дни, т. к. теперь больше людей могут позволить её себе.

Настенная роспись обогащает любой интерьер, делает его эксклюзивным, а также наполняет теплом и уютом. С помощью неё передаётся характер и стиль владельца помещения.

С помощью росписи стен можно достичь самых разных визуальных эффектов, зрительно увеличить помещение и расставить цветовые и тоновые акценты. Художественная роспись стен раздвигает границы пространства, создавая ощущение огромного, ничем не ограниченного помещения, поэтому кажется, что стен просто нет. Роспись по стенам позволит придать интерьеру необходимую стилистическую направленность. При желании можно подчеркнуть всю красоту рисунка дополнительной подсветкой [2].

С каждым годом появляются всё новые техники и технологии реализации такого искусства. Самыми популярными из них являются:

- Роспись стен акриловой краской.

Такая краска имеет ряд преимуществ: не имеет запаха, легко наносится, быстро высыхает, а также наличие богатой палитры насыщенных оттенков. За росписью акрилом не требуется тщательного ухода. Главное отличие акрила от других красок – повышенная эластичность, светостойкость.

- Объемная роспись стен.

Этот способ позволяет выйти за рамки реальности, приблизить к человеку какой-то новый мир непосредственно «живым» изображением. Также появляется возможность расширить комнату, повисить потолок и добавить дополнительные иллюзорные объекты.

- Роспись стен в технике «фреска».

Фреска – одна из самых древних техник в монументальном искусстве. Это живопись по сырой штукатурке. На сегодняшний день фреска может выглядеть не только как старинная, но и как современная. А для того, чтобы сделать старинную фреску, было изготовлено большое разнообразие красок и основ, которые помогают добиться эффекта «состаривания».

- Роспись стен в технике «аэрография».

Аэрография – техника выполнения изображения на различных поверхностях с помощью аэрографа. Аэрограф – это инструмент, который под действием сжатого воздуха распыляет краситель, что позволяет создавать непередаваемый эффект в изображениях.

- Светящаяся роспись стен.

Эта роспись делится на люминесцентную или флуоресцентную. Особенности люминесцентной росписи:

1. Используемая краска в течение нескольких минут накапливает свет, а затем его высвобождает на определённый промежуток времени, что зависит от вида краски;

2. Бывают полупрозрачные и непрозрачные цветные краски с люминофором;

3. Лучше работать с такой краской на светлой поверхности, чем на тёмной. Особенности флуоресцентной росписи:

1. Краска светится именно в ультрафиолетовом свете;

2. Имеет яркие цвета;

3. Белый, желтый, красный, оранжевый имеют самое яркое свечение;

4. Особый вид краски – невидимый.

Роспись такого плана позволяет менять интерьер с «дневного» на «ночной», что не даст заскучать хозяевам интерьера.

Как было замечено, прогресс не стоит на месте, а следовательно, появились ещё более новые технологии по развитию монументального искусства.

Одной из таких новинок является настенный принтер, разработанный немецкой компанией Wallpen. С помощью этого оборудования можно наносить на стены любое широкоформатное изображение (например, любые



изображения 3D-формата). Принтер использует струйную УФ-систему, что позволяет работать на стенах не только внутри помещений, но и снаружи. Но главной его особенностью является то, что он может печатать на любой поверхности (бетон, штукатурка, пластик, дерево, стекло и т. д.).

Перед нанесением рисунка принтер сканирует поверхность стены, выявляя различные изъяны и неровности, а после готов к работе. Для нанесения изображения используются УФ-чернила, предназначенные сугубо для настенной печати. Чернила не имеют запаха и абсолютно безвредны для человека или животного, а высыхают они в долю секунды, то есть сразу. Производительность принтера от 1 до 4 квадратных метров в час, всё зависит от сложности изображения. Он может наносить картинку высотой до 4 метров любой ширины. В результате мы получаем именно то, что загрузили в задачи, только большего формата [3].

Управлять таким оборудованием просто. Специальное приложение можно скачать на планшет, и по беспроводной связи работать с настройками печати. Так как этот принтер очень гибкий и мобильный, его легко собрать и разобрать, а, следовательно, легко и транспортировать.

Также была изобретена такая вещь, как Scribit — робот для рисования на стенах и стеклах. С помощью простого крепления опорного тросика робот может бегать по любой вертикальной поверхности и наносить рисунок. А наносит он рисунки с помощью четырёх специальных фломастеров. Само изображение отправляется роботу по wi-fi из приложения с телефона, планшета или компьютера.

В отличие от настенного принтера, такой робот может переносить изображение только на ровную поверхность стены.

Единственный минус и принтера, и робота – это большая стоимость, т.к. разработка новая и только развивается.

Анализируя все эти техники и технологии, можно сказать, что монументальное искусство, а именно монументальная живопись, вышла на новый уровень.

**Вывод.** Современная архитектура хоть и развивается динамично, но всё же большую её часть составляют здания, которые подчиняются функциональным требованиям, и она не стремится к эстетичности. Серость и однообразие конструкций создаёт негативный эмоциональный фон и подавляет настроение. Поэтому монументальные произведения в такой обстановке могут являться «спасательным островком». Из этого следует, что есть смысл в том, чтобы планы по развитию монументальных искусств (из-за внедрения новых технологий) были составной частью генеральных планов развития городов Беларуси.

#### **Список цитированных источников**

1. Искусство монументальное [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.krugosvet.ru/enc/kultura\\_i\\_obrazovanie/izobrazitelnoe\\_iskusstvo/ISKUSSTVO\\_MONUMENTALNOE.html](https://www.krugosvet.ru/enc/kultura_i_obrazovanie/izobrazitelnoe_iskusstvo/ISKUSSTVO_MONUMENTALNOE.html). – Дата доступа: 24.04.2020.

2. Искусство вместо обоев: все о росписи стен [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://realty.mail.ru/articles/20486/iskusstvo\\_vmesto\\_oboev\\_vse\\_o\\_ropisi\\_sten/](https://realty.mail.ru/articles/20486/iskusstvo_vmesto_oboev_vse_o_ropisi_sten/). – Дата доступа: 24.04.2020.

3. Принтер для печати на стенах. Одна из самых интересных бизнес идей на 2020 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zen.yandex.com/media/id/5db2c6e4433ecc00b056c408/printer-dlia-pechat-na-stenah-odna-iz-samyh-interesnyh-biznes-idei-na-2020-god5db345493642b600aeaa36e5>. – Дата доступа: 24.04.2020.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПРОБЛЕМЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**Богуцкий Д. Ю.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Новосельцева Д. В.**

АНАЛИЗ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА ТРУБОПРОВОДЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛОТЫ..... 4

**Вершко А. В.**

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

ПОДБОР ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ  
В ПРОГРАММЕ WinClim II Version 2.0.83 ..... 6

**Войтович А. А.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Новосельцева Д. В.**

АНАЛИЗ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА РАДИАТОРЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛОТЫ..... 10

**Галанин П. И.**

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

СПОСОБЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ  
С НАЛИЧИЕМ ОТРАВЛЯЮЩИХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ..... 12

**Дубяга М. В.**

**Научный руководитель: м.т.н., ст. преподаватель Ключева Е. В.**

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ ..... 16

**Зинович Я. С.**

**Научный руководитель: к.т.н., заведующий кафедрой ТГВ Новосельцев В. Г.**

РАСЧЕТ ЗАТРАТ ПРИ РАЗНЫХ ТАРИФАХ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ  
ОТОПЛЕНИЕ НА ПРИМЕРЕ МНОГОКВАРТИРНОГО ЖИЛОГО ДОМА..... 19

**Игнатюк Е. В.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Янчилин П. Ф.**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ  
КОНФЕРЕНЦ-ЗАЛА ВЫТЕСНЯЮЩЕЙ СХЕМОЙ ВОЗДУХООБМЕНА..... 22

**Климец Е. С., Видыш Т. Д.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Кириченко Л. А.**

ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КАРЬЕРНОГО  
ВОДОЕМА «КОСИЧИ» КАК АНТРОПОГЕННОГО ВОДНОГО ОБЪЕКТА..... 27

**Ковальчук А. В.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Янчилин П. Ф.**

РАСЧЕТ ПОСТУПЛЕНИЯ ВЛАГИ В УЧЕБНУЮ АУДИТОРИЮ БрГТУ  
ПРИ ПОМОЩИ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ..... 31

**Колодей А. В.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Глушко К. А.**

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ  
УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ (УРАВНЕНИЯ ЭЙЛЕРА) ..... 33

<b>Конон Е. В.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Янчилин П. Ф.</b> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДДЕРЖАНИЯ КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ В КАФЕ ПРИ ПОМОЩИ СПЛИТ-СИСТЕМЫ.....	37
<b>Лемешевский Е. Ю.</b> <b>Научный руководитель: м.т.н., ст. преподаватель Ключева Е. В.</b> ГЕНЕРАЦИЯ ШУМА ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯМИ. СРАВНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ .....	40
<b>Литвинюк В. В., Пешта М. А.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Кириченко Л. А.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОЕМОВ МАЛЫХ ГОРОДОВ ЮГО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ	43
<b>Лямшев Д. А.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Зубрицкая Т. Е.</b> ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРА ДРУЖНОСТИ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ.....	47
<b>Мельник Е. И.</b> <b>Научный руководитель: доцент, к.т.н. Новосельцева Д. В.</b> ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ВОДЕ В СИСТЕМЕ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ.....	50
<b>Мельник Е. И., Рабчук А. С.</b> <b>Научные руководители: ст. преподаватель Бондарь А. В.,</b> <b>ст. преподаватель Михайлова Н. В.</b> СОВРЕМЕННЫЕ ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ МОНТАЖЕ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ.....	54
<b>Пархоць А. В.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Сальникова С. Р.</b> ТЕХНИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВОЗДУХОВОДОВ С ТЕКСТИЛЬНЫМИ В ПРОГРАММЕ REVIT.....	57
<b>Рабчук А. С.</b> <b>Научный руководитель: доцент, к.т.н. Новосельцева Д. В.</b> ВЛИЯНИЕ ЗАМЕНЫ ПОЛОТЕНЦЕСУШИТЕЛЕЙ НА ТЕМПЕРАТУРУ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ В ТОЧКЕ ВОДОРАЗБОРА В ПОСЕКЦИОННО <b>ЗАКОЛЬЦОВАННОЙ СИСТЕМЕ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ .....</b>	59
<b>Рогальский Д. А.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Сальникова С. Р.</b> ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВОЗДУХОВОДОВ С ТЕКСТИЛЬНЫМИ.....	62
<b>Самусик А. А.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н., доцент Яловая Н. П.</b> РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ НИТРИ-ДЕНИТРИФИКАЦИИ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕФОСФОТАЦИИ ПО ЙОХАННЕСБУРГСКОМУ ПРОЦЕССУ .....	64
<b>Середа М. С., Евмененко А. Ю.</b> <b>Научные руководители: к.т.н., доцент Стельмашук С. С.;</b> <b>ст. преподаватель Дашкевич Д. Н.</b> ПЛАНИРОВКА ПОВЕРХНОСТИ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ.....	67

<b>Смирнова Ю. А., Чубрик А. Н.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Шевчук Т. В.</b> ГИБКИЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОЗДУХОВОДОВ СРЕДСТВАМИ AUTOCAD MEP.....	71
<b>Смоляков А. Д., Якимук А. В.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель НГиИГ Матюх С. А.</b> НАГЛЯДНОСТЬ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН.....	74
<b>Шрамович С. В.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Янчилин П. Ф.</b> РАСЧЕТ ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЙ В УЧЕБНУЮ АУДИТОРИЮ БрГТУ ПРИ ПОМОЩИ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ДАННЫХ .....	77
<b>Янущик Т. А.</b> <b>Научный руководитель: м.т.н., ст. преподаватель Янчилин П. Ф.</b> РЕЗУЛЬТАТ РАБОТЫ ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА.....	79

## ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

<b>Дубина К. И.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н., доцент Шуть В. Н.</b> РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ «ТРАНСПОРТ ПО ЗАПРОСУ» .....	83
<b>Kalita E., Grigoruk A.</b> <b>Supervisor: PhD, Associate Professor Lebed S.</b> APPLET FOR TAYLOR SERIES .....	86
<b>Ковальчук А. В.</b> <b>Научный руководитель: Золотухина Л. С.</b> ГЕТЕРОСКЕДАСТИЧНОСТЬ: СУЩНОСТЬ И МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ .....	89
<b>Ковальчук А. В.</b> <b>Научный руководитель: Золотухина Л. С.</b> ПРОВЕРКА НА ГЕТЕРОСКЕДАСТИЧНОСТЬ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ.....	92
<b>Кузьменко А. А.</b> <b>Научные руководители: к.т.н., доцент Костюк Д. А., ассистент Маркина А. А.</b> ПОДХОД К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ОЖИДАНИЙ И УРОВНЯ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА .....	96
<b>Малич С. Г.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н., доцент кафедры ИИТ Крапивин Ю. Б.</b> АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА АКТУАЛИЗАЦИИ НАПОЛНЕНИЯ ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТЕКСТА .....	99
<b>Монтик Н. С.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н., доцент Шуть В. Н.</b> АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ПОДСЧЁТА ПАССАЖИРОПОТОКА ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА.....	103

<b>Муха А. А.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Ипатова О. В.</b> СОСТАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНОФОРМАЦИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ .....	105
<b>Мычко Н. А.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н., доцент Крапивин Ю. Б.</b> МЕТОДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ТЕКСТОВЫХ ОБРАЩЕНИЙ В СЛУЖБУ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ.....	110
<b>Онысько А. А.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н., доцент Хведчук В. И.</b> СИСТЕМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПЕРЕВОДА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ГОЛОСОВОГО ВВОДА И ВЫВОДА .....	113
<b>Рабчук С. А.</b> <b>Научные руководители: к.т.н., доцент Костюк Д. А., ассистент Маркина А. А.</b> ОБ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ СРЕДСТВАМИ ЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА.....	116
<b>Чугунов А. С.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Чугунов С. В.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ P-I-N ФОТОДИОДОВ.....	119
<b>Шульган А. А.</b> <b>Научные руководители: к.т.н., доцент Костюк Д. А., ассистент Маркина А. А.</b> СПЕЦИФИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ. ....	123
<b>Яловой П. С.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Касьяник В. В.</b> ИНТЕГРАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО РОБОТА СО СТАНКОМ CNC С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ ROBLAB И MACH3 .....	126
<b>ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА</b>	
<b>Аббасов К. Т., Хеук М. В.</b> <b>Научные руководители: к.ф-м.н., Веремейчик А. И.; м.т.н., Онысько С. Р.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЯХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ДВИЖУЩЕЙСЯ ПЛАЗМЕННОЙ ДУГИ .....	132
<b>Бурштын А. В.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Ляшук Н. У.</b> СИСТЕМАМАШИН ДЛЯ МЯСОЖИРОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВОГО ЖИРА.....	135
<b>Грибовская М. С.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н., доцент Голуб В. М.</b> НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ.....	140
<b>Данилюк Д. С.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Ляшук Н. У.</b> АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ, ВХОДЯЩЕГО В ЛИНИЮ ДЛЯ УБОЯ И РАЗДЕЛКИ СВИНЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 180 ГОЛОВ В ЧАС.....	143

<b>Данилюк Д. С.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Ляшук Н. У.</b> СИСТЕМА МАШИН ДЛЯ МЯСОЖИРОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ УБОЯ И РАЗДЕЛКИ СВИНЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 180 Г/ЧАС .....	146
<b>Качан В. А., Карпинчик А. В.</b> <b>Научные руководители: ст. преподаватель Омесь Д. В., старший преподаватель Морозова В. А.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ В СРЕДЕ AUTODESK INVENTOR .....	151
<b>Кондратюк В. О., Старикевич М. О.</b> <b>Научные руководители: к.т.н., доцент Хвисевич В. М., к.ф.-м.н., доцент Веремейчик А. И.</b> РАЗРАБОТКА ОСНОВ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛАЗМЕННОЙ ЗАКАЛКИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА ДЕТАЛИ МАШИНЫ ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ.....	155
<b>Литвинович А. Н.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Ляшук Н. У.</b> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ УБОЯ И РАЗДЕЛКИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 80 Г/ЧАС .....	159
<b>Монтик Н. С.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н., доцент Монтик С. В.</b> ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗОНЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОВОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	163
<b>Нахайчук А. М., Гетманчук Ю. О.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Кудрицкий Я. В.</b> РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОГРАММЫ ВЫБОРА ТИПОРАЗМЕРА ТОКАРНОГО РЕЗЦА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ОБРАБОТКИ И ТЕПЛОВОЙ ДЕФОРМАЦИИ .....	166
<b>Хеук М. В., Аббасов К. Т.</b> <b>Научные руководители: Нерода М. В., Онысько С. Р.</b> ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ПРИМЕРЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ .....	169
<b>Хеук М. В., Аббасов К. Т.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Левданский А. М.</b> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ ИСКУССТВЕННЫМ АЛМАЗОМ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА.....	173
<b>Ярошук К. Е., Субко Н. Р.</b> <b>Научный руководитель: м.т.н., Березуцкая С. О.</b> ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПРИ ПОДГОТОВКЕ ВОДИТЕЛЕЙ КАТЕГОРИИ «В» .....	176

## ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

<b>Борисевич Р. В.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н., доцент Матчан В. А.</b> РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛСТК .....	182
<b>Бурый С. Н., Брень В. А.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н. Акулова О. А.</b> ОСОБЕННОСТИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ 3D-МОДЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ РАСТРОВОЙ И ВЕКТОРНОЙ ГРАФИКИ.....	188
<b>Головий Н. В.</b> <b>Научный руководитель: Бочарова Н. В.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА, РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ И ОПТИМИЗАЦИЯ В ПРОГРАММЕ SOLIDWORKS .....	192
<b>Данилов Д. В.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Дедок В. Н.</b> ОСОБЕННОСТИ ДЕФЕКТОВ МАЛЫХ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	197
<b>Дьякончук О. С., Головейко И. В.</b> <b>Научный руководитель: Лапина А. И.</b> ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ ДЕРЕВЯННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ.....	201
<b>Илюхина Е. А.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н., доцент Матчан В. А.</b> ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И РЕКУПЕРАТОРЫ.....	208
<b>Кивачук С. В.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Фоменкова С. Ф.</b> ОЦЕНКА ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ ОБЪЕКТОВ ОБЩЕГОРОДСКОГО ЗНАЧЕНИЯ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА БРЕСТА.....	212
<b>Кондратьев М. И.</b> <b>Научный руководитель: д.т.н. Найчук А. Я.</b> МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ГИПСОВОЛОКНИСТЫХ ЛИСТОВ.....	214
<b>Кондратьев М. И.</b> <b>Научный руководитель: д.т.н. Найчук А. Я.</b> НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ ОБРАЗЦОВ ГИСПОВОЛОКНИСТЫХ ЛИСТОВ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ...	219
<b>Коренчук Т. Н.</b> <b>Научные руководители: к.т.н., доцент Чернюк В. П.,</b> <b>ст. преподаватель Шляхова Е. И.</b> ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ОБРАЗОВАНИЯ УШИРЕНИЙ В ЗАБОЕ И СТЕНКАХ СКВАЖИН .....	223
<b>Короленко В. В., Карпович А. Р.</b> <b>Научные руководители: к.т.н. Акулова О. А., к.т.н., доцент Базенков Т. Н.</b> ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ AUTOCAD.....	226



<b>Коханский С.С.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н., доцент Уласевич В. П.</b> К НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАРНЫХ СТЕРЖНЕЙ С ГОФРИРОВАННОЙ (РИФЛЕННОЙ) СТЕНКОЙ В СРАВНЕНИИ СО СВАРНЫМИ ДВУТАВРАМИ С ПЛОСКОЙ СТЕНКОЙ.....	231
<b>Левчук А. А.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н. Акулова О. А.</b> ПРОГРАММИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ AUTOCAD.....	234
<b>Манчак Т. А.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н, доцент Шалобыта Т. П.</b> МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ В РЕСТАВРАЦИОННЫХ РАБОТАХ .....	238
<b>Назарук К. Р.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н. Акулова О. А.</b> ДИЗАЙН ЭКСТЕРЬЕРА И ВНУТРЕННЕГО ИНТЕРЬЕРА ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ .....	242
<b>Николаенко Е. А.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н., доцент Игнатюк В. И.</b> ОБ ОЦЕНКЕ ФОРМУЛЫ ЖУРАВСКОГО ДЛЯ ПЛОСКИХ ПРЯМОЛИНЕЙНЫХ ИЗГИБАЕМЫХ СТЕРЖНЕЙ .....	246
<b>Николаенко Е.А.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н., доцент Игнатюк В.И.</b> ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ИЗГИБАЕМЫХ КРИВОЛИНЕЙНЫХ СТЕРЖНЯХ .....	251
<b>Николаенко Е.А.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н., доцент Игнатюк В.И.</b> О ВЕЛИЧИНЕ КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ИЗГИБЕ ПЛОСКИХ СТЕРЖНЕЙ СРЕДНЕЙ И БОЛЬШОЙ КРИВИЗНЫ .....	254
<b>Перец М. А., Резанович Т. Н.</b> <b>Научный руководитель: канд. арх., доцент Кароза А. И.</b> ДИЗАЙН-КОД, ИЛИ КОНЦЕПЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ НАРУЖНОЙ РЕКЛАМЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ Г. БРЕСТА .....	257
<b>Полховская Т. В.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Мартысюк Н. А.</b> ДЕРЕВЯННОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА.....	260
<b>Полховская Т. В.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Мартысюк Н. А.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ДЕРЕВА В АРХИТЕКТУРЕ КАК СПОСОБ ГУМАНИЗАЦИИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ .....	262
<b>Рындюк Е. М., Коршенкова О. Н.</b> <b>Научные руководители: Черноиван В. Н., Черноиван Н. В.</b> ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО НОРМИРОВАНИЮ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ НАРУЖНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ.....	266

<b>Сергеев Д. А., Ворончук М. В.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Онысько С. Р., Бочарова Н. В.</b> ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ РАСЧЁТЫ ТРЁХМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ В ПРОГРАММЕ SOLIDWORKS С ПАКЕТОМ SIMULATIONXPRESS .....	268
<b>Тричик В. В.</b> <b>Научный руководитель: доцент, к.т.н. Тур Э. А.</b> КОМПЛЕКСНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОСТЕЛА СВЯТЫХ ПЕТРА И ПАВЛА В Д. РОЖАНКА ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ КАК ОБЪЕКТА ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....	271
<b>Чадович Н. В.</b> <b>Научный руководитель: к.т.н., доцент Кандыбо С. Н.</b> ОБОСНОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРЕНА СООРУЖЕНИЙ БАШЕННОГО ТИПА .....	277
<b>Чадович Н. В.</b> <b>Научные руководители: ассистент Смулько Т. В., доцент Кандыбо С. Н.</b> ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ КРЕНА СООРУЖЕНИЯ БАШЕННОГО ТИПА ЭЛЕКТРОННЫМИ ТАХЕОМЕТРАМИ .....	282
<b>Шевчик А. В.</b> <b>Научный руководитель: доцент Надеина Н. Г.</b> ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ .....	286
<b>Шульжик Д. Д.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Гуринчук В. В.</b> МОНУМЕНТАЛЬНОЕ ИСКУССТВО В СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЕ .....	288

Научное издание

# СБОРНИК КОНКУРСНЫХ НАУЧНЫХ РАБОТ СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ

## Часть I

Ответственный за выпуск: Шешко Н.Н.  
Редактор: Боровикова Е.А.  
Компьютерная вёрстка: Митлошук М.А.  
Корректор: Никитчик Е.В.

ISBN 978-985-493-501-0



---

Издательство БрГТУ.  
Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/235 от 24.03.2014 г.,  
№ 3/1569 от 16.10.2017 г.  
Подписано в печать 27.08.2020 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага «Performer». Гарнитура «Arial».  
Усл. печ. л. 17,44. Уч. изд. л. 18,75.  
Заказ № 416. Тираж 34 экз.  
Отпечатано на ризографе Учреждения  
образования «Брестский государственный  
технический университет».  
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.