

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

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

**Брест 2019**

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 978-985-493-468-6 (ч. I)

ISBN 978-985-493-467-9

**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:** к.т.н., доцент Жданов Д. А.  
ст. преподаватель Кузьмина Е. В.  
к.т.н., доцент Винник Н. С.  
ст. преподаватель Парфиевич А. Н.  
ст. преподаватель Хомицкая Т. Г.

УДК 624;628;+338:339

ISBN 978-985-493-468-6 (ч. I)

ISBN 978-985-493-467-9

© Издательство БрГТУ, 2019

**ПРОБЛЕМЫ  
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
СТРОИТЕЛЬСТВА И ОХРАНЫ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АНИОННОГО СОСТАВА ВОДЫ НА ЭФФЕКТ УДАЛЕНИЯ НИТРАТОВ**

Особенностью организации метода ионного обмена для удаления из природных вод нитратов является, наряду с зависимостью от исходной концентрации нитратов в воде, изменение состава исходной воды по ионным компонентам: сульфатам, хлоридам, гидрокарбонатам. Анионный состав исходной воды является одним из основных факторов, оказывающих влияние на эффективность ионообменной очистки.

Цель выполненных экспериментальных исследований – изучение влияния анионного состава подземных вод и концентрации удаляемых ионов на эффект удаления нитратов методом ионного обмена с использованием метода оптимального планирования многофакторного эксперимента.

Многофакторный эксперимент широко используется в современной научной деятельности и является эффективным средством обработки и планирования экспериментальных исследований [1]. Планированием многофакторного эксперимента называется процедура выбора числа опытов и условий их проведения, необходимых для решения поставленной задачи с требуемой точностью.

Математические модели, полученные с помощью методов планирования экспериментов, принято называть экспериментально-статистическими [2, 3]. При применении статистических методов планирования эксперимента математическое описание представляется в виде полинома:  $Y=f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$ , где  $Y$  – функция отклика (величина, качественно характеризующая протекание процесса), а  $X_1, X_2, X_3$  – влияющие факторы (аргументы) исследуемого процесса.

При этом ценность математического описания заключается в том, что оно дает информацию:

- о закономерностях влияния отдельных факторов на функцию отклика;
- позволяет количественно определить значение функции отклика при заданных значениях факторов;
- может служить основой для оптимизации процесса.

Задачей экспериментальных исследований являлось определение зависимости остаточной концентрации нитратов от анионного состава исходной воды: хлоридов; гидрокарбонатов; сульфатов.

Исследования механизма очистки воды от нитратов методом ионного обмена проводились на кафедре водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Учреждения образования «Брестский государственный технический университет» и были выполнены на экспериментальной установке, представляющей собой модель ионообменного фильтра – фильтрационную колонку, загруженную ионообменной смолой сильноосновным анионитом марки «Purolite NRW-600(OH)» (рисунок 1) в условиях, представленных в таблице 1. В качестве модельной воды использовали водопроводную воду с добавкой нитратов в количестве  $50 \text{ мг/дм}^3$ , что соответствует концентрации, в 1,1 раза превышающей предельно допустимую ( $45 \text{ мг/дм}^3$ ) [4].

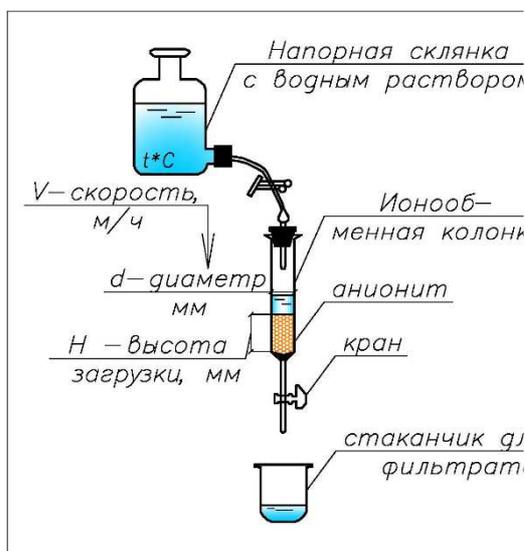
Минеральный состав исходных растворов был ограничен содержанием анионов  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{NO}_3^-$  [5–8] в концентрациях: хлоридов  $\text{Cl}^-$  – до  $174 \text{ мг/дм}^3$ , гидрокарбонатов  $\text{HCO}_3^-$  – до  $300 \text{ мг/дм}^3$ , сульфатов  $\text{SO}_4^{2-}$  – до  $226 \text{ мг/дм}^3$ , нитратов  $\text{NO}_3^-$  – до  $45 \text{ мг/дм}^3$  (общая минерализация составила – до  $10 \text{ мг-экв/дм}^3$ ), что характерно для исследуемых подземных вод региона и представлено на рисунке 2.

**Таблица 1 – Условия работы ионообменной колонки**

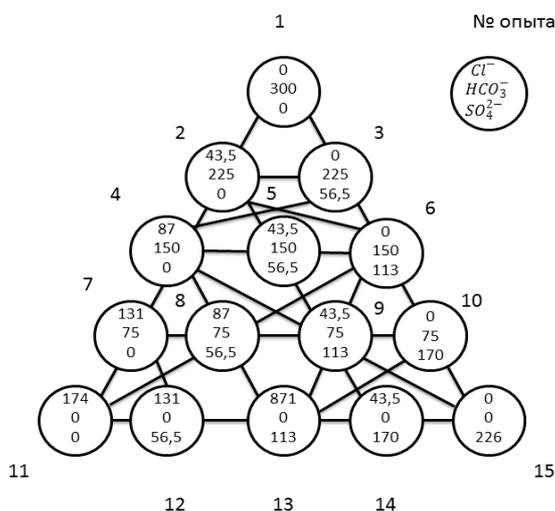
Марка ионита	Скорость фильтрации V, м/ч	Величина отношения высоты загрузки колонки к ее диаметру H/d	Температура воды t, °С
«Purolite NRW-600(OH)»	14	5,6	19

Процесс нахождения математической модели включал в себя: планирование эксперимента, проведение эксперимента на объекте исследований; проверку воспроизводимости эксперимента (с помощью критерия Кохрена  $G=0,407$  при табличном значении 0,616); получение математической модели

объекта с проверкой статистической значимости выборочных коэффициентов регрессии (с учетом значения критерия Стьюдента  $t=2,57$ ); проверку адекватности математического описания (по критерию Фишера при 5%-м уровне значимости  $F=4,86$  при табличном значении 5,05).



**Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки**



**Рисунок 2 – Анионный состав исходных водных растворов**

Результаты эксперимента были обработаны на ЭВМ, на основании чего составлено уравнение регрессии  $Y=f(X_1, X_2, X_3)$  в виде многочлена второй степени от трех переменных (в кодированных переменных):

$$Y = 0,32 + 0,97(X_1) + 1,14(X_2) + 1,54(X_3) + 0,53(X_1^2) + 0,66(X_2)^2 + 0,78(X_3)^2, \quad (1)$$

где  $X_1, X_2, X_3$  – кодированные переменные, связанные с физическими ( $x_1, x_2, x_3$ ) следующими соотношениями:

$$X_1 = 0,006 \cdot x_1; X_2 = 0,004 \cdot x_2; X_3 = 0,006 \cdot x_3, \quad (2)$$

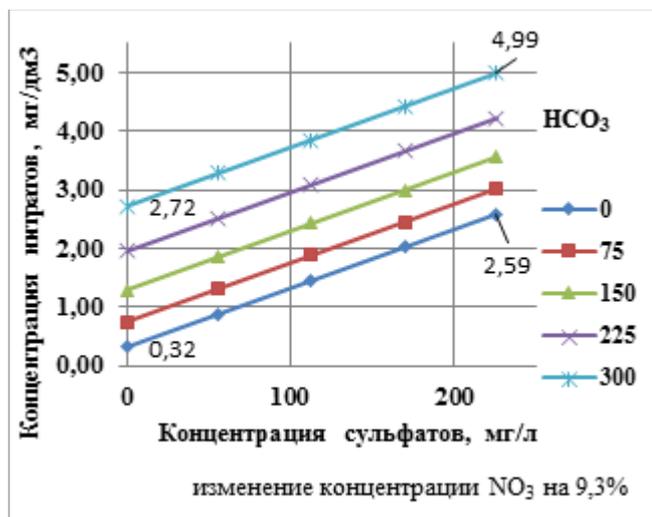
где  $x_1$  – концентрация хлоридов, мг/дм<sup>3</sup>;

$x_2$  – концентрация гидрокарбонатов, дм<sup>3</sup>;  $x_3$  – концентрация сульфатов, дм<sup>3</sup>.

Полученная экспериментально-статистическая модель (1) позволяет представить поверхность отклика на факторной плоскости линиями зависимости остаточной концентрации нитратов, от концентрации в исходной воде хлоридов  $Cl^-$ , гидрокарбонатов  $HCO_3^-$ , сульфатов  $SO_4^{2-}$  (рисунок 3).

Полученное математическое описание, во-первых, дает информацию о влиянии факторов; во-вторых, позволяет количественно определить значения функции отклика (остаточной концентрации нитратов) при любом заданном режиме ведения процесса очистки воды.

Согласно полученным результатам экспериментальных исследований, анионный состав природных вод оказывает определенное влияние на процесс удаления нитратов методом ионного обмена:



**Рисунок 3 – Влияние концентрации сульфатов на процесс удаления нитратов**

1) наибольшую конкуренцию по отношению к нитрат-ионам в ионообменном процессе составляют сульфат-ионы, однако их концентрация на выходе не снижается до нуля; в процессе очистки с сульфат-ионами конкурируют гидрокарбонат-ионы;

2) изменение анионного состава воды в процессе удаления нитратов ионным обменом не ухудшает её природных свойств и соответствует качеству и физиологической полноценности питьевой воды.

#### Список цитированных источников

1. Дегтярев, Д. А. Пошаговая методика проведения многофакторного эксперимента. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://manyfactors.ru>. – Дата доступа: 07.01.2019.

2. Мухачёв, В. А. Планирование и обработка результатов эксперимента: учеб.-метод. пособие / В. А. Мухачев. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. – 118 с.

3. Саутин, С. П. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. – Л.: Химия, 1975. – 47 с.

4. Андреюк, С. В. Исследование методов физико-химической очистки природных вод от нитратов / С. В. Андреюк // Сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Брест, 6–8 апреля 2016 г. : в 2-х ч. / УО «Брестский гос. технический ун-т.»; под ред. А. А. Волчека [и др.]. – Брест, 2016. – Ч. II. – С. 159–163.

5. Вода питьевая. Методы определения минеральных азотсодержащих веществ : ГОСТ 4192-82. – Переизд. май 2011. – Взамен ГОСТ 4192-48 ; введ. РБ 17.12.92. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2011. – 5 с.

6. Вода питьевая. Методы определения содержания хлоридов : ГОСТ 4245-72. – Переизд. сентябрь 2011. – Взамен ГОСТ 4245-48 ; введ. РБ 17.12.92. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2011. – 5 с.

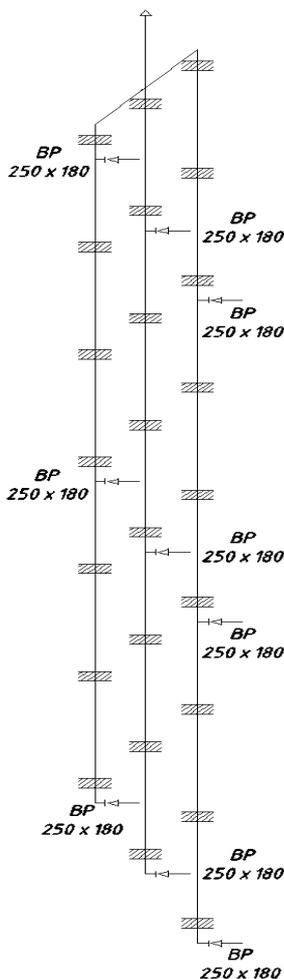
7. Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов : ГОСТ 4389-72. – Переизд. май 2011. – Взамен ГОСТ 4389-48 ; введ. РБ 17.12.92. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2011. – 6 с.

8. Вода. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов : ГОСТ 31957-2012.; введ. РБ 01.01.2016. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2011. – 32 с.

## **ОБСЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ В ЗДАНИИ ОБЩЕЖИТИЯ №4 БрГТУ**

Существенное влияние на создание и поддержание комфортных параметров внутреннего воздуха в помещении оказывает устойчивая работа системы вентиляции.

В данной статье будет рассмотрен пример системы естественной вентиляции со сборными горизонтальными каналами в здании общежития №4, расположенного на улице Московской 267Д/4 в г. Бресте. Общий вид аксонометрической схемы системы естественной вентиляции представлен на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Общий вид аксонометрической схемы системы естественной вентиляции без сборных каналов**

Где ВЕ – условное обозначение вертикальной кирпичной шахты; ВР – условное обозначение вентиляционной решетки.

В данном здании применяется система вытяжной вентиляции с естественным побуждением. Это означает, что гравитационный напор создается разницей объемных весов более тяжелого, наружного воздуха, и более легкого, внутреннего. При этом через неплотности оконных проемов, дверей (естественная инфильтрация) или путем открытия оконных проемов в разных режимах поступает свежий наружный воздух в объеме необходимом для корректной работы системы вентиляции. Воздух из блоков удаляется из нежилых помещений вертикальными каналами размерами 140x270 мм, располагаемыми во внутренних несущих конструкциях, с самостоятельным выпуском его в атмосферу на крыше здания. Для

предотвращения попадания осадков и мусора предусмотрена установка зонтов над каналами на крыше здания. При обследовании систем естественной вентиляции в общежитии пользовались следующими приборами: анемометр Testo 410-1 (ос №01338742) и термогигрометр ТГЦ-МГ4 (ос №01338880).

Анемометром определялась действительная скорость воздуха на входе в канал. По измеренной скорости воздуха на входе в канал были рассчитаны действительные воздухообмены помещений. С помощью термогигрометра определялись параметры внутреннего (температура и относительная влажность) воздуха по всем исследуемым помещениям. В результате проведенного инструментального обследования всех входных отверстий вытяжных вертикальных вентиляционных каналов для всех помещений составлена сводная таблица 1.

**Таблица 1 – Результаты инструментального обследования систем вентиляции**

Этаж	Наименование помещения	Температура t, °С	Влажность ф, %	Скорость в вытяжных каналах v (м/с) / Воздухообмен L (м³/ч)												
				Закрытые окна				Режим аэрации				Режим проветривания				
				v		L		v		L		v		L		
1	кухня	21,3	32	1,35		95,26		1,6		112,90		2,6		183,46		
	сушилка	22,3	30,4	0,65	0	45,86	0,00	0,6	0	42,34	0,00	2,5	0,9	176,40	63,50	
	Блок персонала	Душевая	23,5	28,5	0,4		28,22		0,6		42,34		1,2		84,67	
		Туалет	23,6	27,2	0		0,00		0		0,00		0		0,00	
	Блок 16	Душевая	24,1	34,8	0		0,00		0		0,00		0		0,00	
		Туалет	24,1	39,7	0		0,00		0		0,00		0		0,00	
	Блок 17	Душевая	23,4	7,3	0		0,00		0		0,00		1,3		91,73	
		Туалет	23,2	38,9	0,7		49,39		0,6		42,34		2,3		162,29	

**В результате проведенного обследования был отмечен ряд дефектов систем вентиляции:**

- Отсутствие тепловой изоляции сборных горизонтальных кирпичных каналов и вытяжных шахт всех систем вентиляции здания на техэтаже;
- Нарушение целостности в конструкции сборных горизонтальных кирпичных каналов и вытяжных шахтах, что приводит к недостаточной воздухопроизводительности;
- Уменьшение площади входных отверстий вытяжных вертикальных вентиляционных каналов, что уменьшает входное сечение канала, создаёт дополнительное аэродинамическое сопротивление и приводит к недостаточной воздухопроизводительности;
- Близко расположенные стояки системы водоотведения к воздухозаборным решёткам вентиляционных каналов туалетов, что уменьшает входное сечение канала, создаёт дополнительное аэродинамическое сопротивление и приводит к недостаточной воздухопроизводительности;
- В некоторых помещениях сушильных комнат система вентиляции не функционирует. Из-за некачественно проведённого там ремонта входные отверстия вытяжных вертикальных вентиляционных каналов оказались полностью скрыты слоем штукатурки и шпатлёвки;
- Отсутствие вентиляционных решёток на входных отверстиях вытяжных вертикальных вентиляционных каналов в помещениях сушильных комнат.

На основании данных обследования и анализа результатов сделаны следующие выводы:

Согласно п. 13.3.7 [2] техническое состояние систем вентиляции характеризуется III категорией — ограничено работоспособное состояние. Имеющиеся дефекты оказывают некоторое влияние на характеристики системы, но опасность её отказа отсутствует. Требуется разработка мероприятий по ремонту существующих систем и возможному проектированию новых.

**Рекомендуется:**

- осуществить тепловую изоляцию кирпичных каналов всех систем вентиляции здания на крыше. Согласно п. 9.10.10. [2]: Воздуховоды, каналы и шахты в неотапливаемых помещениях, холодных чердаках должны иметь эффективную, биостойкую и негорючую теплоизоляцию, выполненную в соответствии с требованиями проектной документации и ТНПА;
- устранить негерметичные соединения в конструкции кирпичных каналов;
- увеличить площади входных отверстий вытяжных вертикальных вентиляционных каналов (где это необходимо);
- очистку воздухозаборных решёток и каналов во всех вентиляционных системах от загрязнений. Согласно п. 9.10.14. [2]: Пылеуборку и дезинфекцию вентиляционных каналов необходимо производить не реже чем 1 раз в 3 года;

- установить вентиляционные решётки на входных отверстиях вытяжных вертикальных вентиляционных каналов в помещениях (где это необходимо);
- обеспечить естественный приток наружного воздуха для правильной работы вытяжной естественной системы вентиляции через окна помещений жилых блоков, кухонь, коридоров (режим аэрации). Согласно п. 9.10.12. [2]: При эксплуатации систем вытяжной вентиляции с естественным побуждением следует предусматривать мероприятия, исключающие «опрокидывание» тяги.
- Согласно п. 9.10.15. [2]: Систему естественной вентиляции следует эксплуатировать с соблюдением следующих требований:
  - вентиляционные каналы и воздуховоды должны быть в технически исправном состоянии;
  - к вытяжным и приточным устройствам должен быть обеспечен свободный доступ обслуживающего персонала;
  - вытяжные каналы вентиляции с естественным побуждением, устраиваемые на каждую секцию здания, должны иметь зонты, дефлекторы и предохранительные решетки;
  - каналы в неотапливаемых помещениях, на стенках которых во время сильных морозов выпадает конденсат, должны быть дополнительно утеплены эффективным биостойким и несгораемым утеплителем;
  - пылеуборку и дезинфекцию чердачных помещений следует производить не реже чем 1 раз в год, вентиляционных каналов — не реже чем 1 раз в 3 года;
  - неплотности в вентиляционных каналах, неисправности зонта над шахтой, а также засоры в каналах должны быть устранены в сжатые сроки;
  - техническое обслуживание систем противопожарной защиты необходимо производить в соответствии с требованиями ТНПА.

#### **Список использованных источников**

1. Отчёт: «Выполнить детальное обследование технического состояния вентиляционных систем в здании общежития №4, расположенного по улице Московской 267Д/4 в г. Бресте», БрГТУ, Брест, 2019 – 55 с.
2. Техническое состояние и техническое обслуживание зданий и сооружений. Основные требования : ТКП 45-1.04-305-2016 – Минск: Минстройархитектуры РБ, 2017. – 107 с.

УДК 692.71

***Бойко С. В., Матлашук Д. В.***

***Научный руководитель: д. т. н., профессор Северянин В. С.***

## **МОДИФИКАЦИИ ГЕНЕРАТОРА ИМПУЛЬСНЫХ ТОРОИДАЛЬНЫХ ВИХРЕЙ**

Генератор импульсных тороидальных вихрей (ГИТВ) – устройство, позволяющее решить проблему с дымоудалением из систем теплогенерирующих установок (ТГУ). Его принцип основан на получении дымных тороидальных вихрей, которые поднимаются высоко вверх, не теряют своей формы и не рассеиваются. Данное устройство позволяет отводить продукты сгорания органического топлива в атмосферу, тем самым снижает концентрацию вредных веществ вблизи производства. Идея была предложена профессором, д. т. н. Северяниным В. С.

Принцип работы ГИТВ заключается в следующем: продукты сгорания из ТГУ поступают в камеру через газоход, в результате чего происходит заполнение камеры дымом. При достижении нужной концентрации дымовых газов в камере поршень начинает совершать поступательное движение, что и придает импульс удаляемому газу, который, в свою очередь, при выходе из сопла образует пучок дыма, переходящий в тороидальный вихрь.

Расход удаляемого газа вычисляется по формуле:

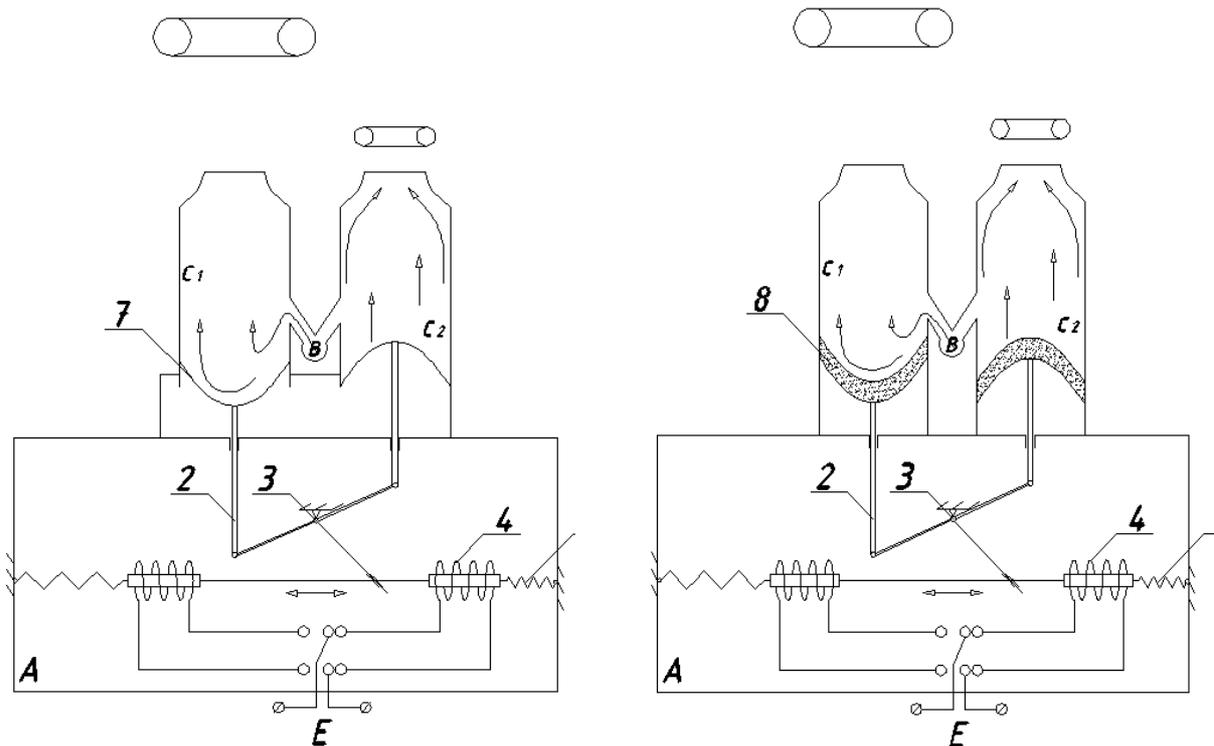
$$L = l \cdot \frac{n}{\tau},$$

где  $L$  – объем удаляемых продуктов сгорания органического топлива;  $l$  – объем вихря;  $n$  – количество образующихся вихрей;  $\tau$  – время.

В данной статье будут рассмотрены некоторые модификации в камере механизации. При больших объемах выбросов на производстве предпочтительно использовать спаренные ГИТВ, так как они способны обеспечить равномерное дымоудаление из систем ТГУ.

Для совершения поступательных движений в ГИТВ может быть использована пара соленоидов, жестко соединенных между собой и закрепленных на шарнире. В качестве связующего звена между газом и возвратно-поступательным механизмом могут служить различного рода гибкие диафрагмы и мембраны (рис. 1), «жидкие или газообразные» поршни (рис. 2).

Генератор импульсных тороидальных вихрей – устройство, позволяющее решить проблему с дымоудалением из систем ТГУ. Нелишне упомянуть, что описанные выше предложения хотя и усложняют конструкцию труб, но в то же время позволяют снизить высоту дымовых труб, вплоть до полного их исключения. Тем самым снижая затраты на их строительство и обслуживание.



- $L$  – объем удаляемых продуктов сгорания органического топлива;  
 $A$  – камера механизации;  $B$  – газовая камера;  $C_1$  и  $C_2$  – ГИТВ; 1 – поршень;  
 2 – шток; 3 – шарнир; 4 – катушка соленоида; 5 – гибкая пружинная система;  
 7 – гибкая диафрагма 8 – «жидкий или газообразный» поршень;  $h$  – ход поршня;  
 $E$  – энергия затрачиваемая на привод поршня

**Рисунок 1 – Общая схема спаренного ГИТВ, с использованием гибкой диафрагмы**

**Рисунок 2 – Общая схема спаренного ГИТВ, с использованием «жидкого или газообразного» поршня**

УДК 663.18

*Василевич В. А., Гизмонт Д. В.*

*Научные руководители: к. т. н., доцент Житенёв Б. Н.,  
ст. преподаватель Рыбак Е. С.*

## **ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ЖЕЛЕЗООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ**

**Введение.** Целью данной работы является разработка усовершенствованной технологии очистки воды от железозорганических соединений. В Водной стратегии Республики Беларусь на период до 2020 года [1] отмечается, что в настоящее время около 2 млн человек используют воду с содержанием железа выше санитарной нормы – 0,3 мг/дм<sup>3</sup>. Одной из причин такого положения является наличие железозорганических соединений в воде и отсутствие сооружений очистки воды перед подачей её потребителям. Проблема наиболее актуальна для пользователей систем индивидуального водоснабжения с забором воды из шахтных колодцев и скважин небольшой глубины. Применение реагентных методов очистки в этом случае затруднено, поскольку требуются: реагентное хозяйство, устройства дозирования реагентов отстойники или фильтры. Наиболее приемлемым является электрохимическая очистка. В работе [2] в качестве электродов (анодов и катодов) использовался алюминий АД с химическим составом по ГОСТ 4784, предназначенному для изготовления изделий пищевого назначения, с массовой долей свинца не более 0,15 %, мышьяка – не более 0,015 %, цинка – не более 0,3 %, бериллия – не более 0,0005 %. Присутствие в сплаве алюминия примесей свинца, мышьяка, цинка, бериллия, а также достаточно высокая стоимость явились предпосылкой для поиска других, более доступных и безопасных материалов для проведения электролиза.

При наличии в воде органических примесей процесс обезжелезивания замедляется в результате [3]:

- блокирования поверхности фильтрующей загрузки органической пленкой, при перманганатной окисляемости (ПО) > 3 мг O<sub>2</sub>/л;
- при проникновении гуминовых кислот (ГК), фульвокислот (ФК) в подземные воды снижается окислительно-восстановительный потенциал вследствие того что растворимость кислорода ниже, чем растворимость диоксида углерода;
- при снижении окислительно-восстановительного потенциала железо окисленное (Fe<sup>3+</sup>) присутствует в растворимой форме, что затрудняет его извлечение;
- окисленное железо легко образует железозорганические комплексы: гуматы, фульваты;
- при увеличении концентрации фульвокислот в воде образуются устойчивые комплексы FeФR(OH)<sub>2</sub> для деструкции которых требуется обработка окислителями, либо подщелачивание.

Для интенсификации обезжелезивания воды в качестве окислителя использовался пероксид водорода. Эффективность H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в реакциях окисления определяется концентрацией активных продуктов его разложения (ионных, радикальных). На механизм разложения H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> наибольшее влияние оказывают рН реакционной среды и присутствие ионов металлов переменной валентности (железо, марганец, медь и др.). Анализ литературных источников показал, что увеличение степени очистки поверхностных вод при введении в нее сульфата железа (II) можно объяснить тем, что присутствующие в воде катионы железа (II)

и образующиеся в результате окисления катионы железа (III) катализируют процесс цепного радикального окисления.

Катионы железа (II и III) оказывают активирующее воздействие на процесс разрушения пероксида водорода с образованием свободных радикалов. **Свободные радикалы** – это любые молекулы или атомы, содержащие один или несколько свободных электронов на внешнем электронном уровне. В силу своей природы свободные радикалы являются очень реакционноспособными (окислительный потенциал 2,87В), способными разрушать многие органические вещества [4].

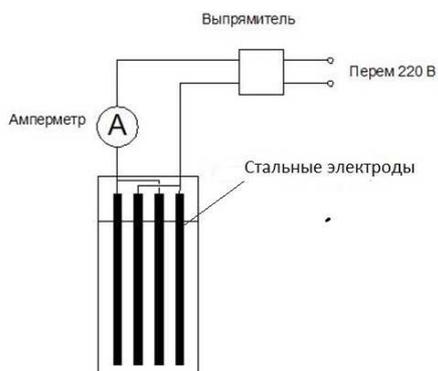
#### Методика проведения исследований

Объектом исследования в настоящей работе являлась вода, отобранная из водозаборной скважины глубиной 13 метров. Основные показатели качества исходной воды приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Основные показатели качества исходной воды**

№ п/п	Показатель качества	Единицы измерения	Величина показателя
1	Цветность	градусы	35 - 40
2	Содержание железа, общ.	мг/л	0,5– 0,7
3	pH	единицы pH	6,5 – 6,8
4	Температура	град. по Цельсию	10 - 12
5	Содержание нитратов	мг/л	0,5 – 1,0

Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1. Опыты проводились в статических условиях. В качестве электродов использовались железный анод и железный катод.



**Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки**

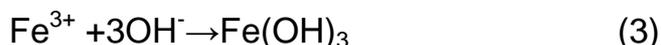


**Рисунок 2 – Общий вид экспериментальной установки**

Процесс электролиза, при котором осуществляется очистка воды от загрязнений, можно представить в виде двух фаз: ионизация металла (переход ионов металла в раствор):



и образование нерастворимых гидроксидов:



сорбирующих загрязнения. Метод очистки воды в электролизере с растворимым анодом известен в литературе под названием "электрокоагуляция". При электрокоагуляции основная часть затрачиваемой энергии расходуется на первую фазу, которая в сложных электролитах, какими являются природные воды, сопровождается рядом побочных процессов: электрофлотация, электрофорез, электроокисление, выделение газов, образование пассивирующих пленок и т. д. [5]. Побочные явления, протекающие при анодном растворении железа, являются нежелательными, так как на них расходуется определенная часть энергии. В процессе экспериментов исследовалось влияние массовой концентрации пероксида водорода, массовой концентрации ионизированного железа и продолжительности флокуляции на процесс обезжелезивания воды. Массовая концентрация пероксида водорода изменялась дозированием его раствора в реактор и варьировалась в интервале 0–100 мг/л. Масса ионизированного металла регулировалась путем изменения продолжительности электролиза и рассчитывалась в соответствии с 1-м законом Фарадея. Флокуляция осуществлялась при медленном перемешивании в механической мешалке (рис. 3, 4).



**Рисунок 3 – Флокуляция**



**Рисунок 4 – Завершение хлопьеобразования**

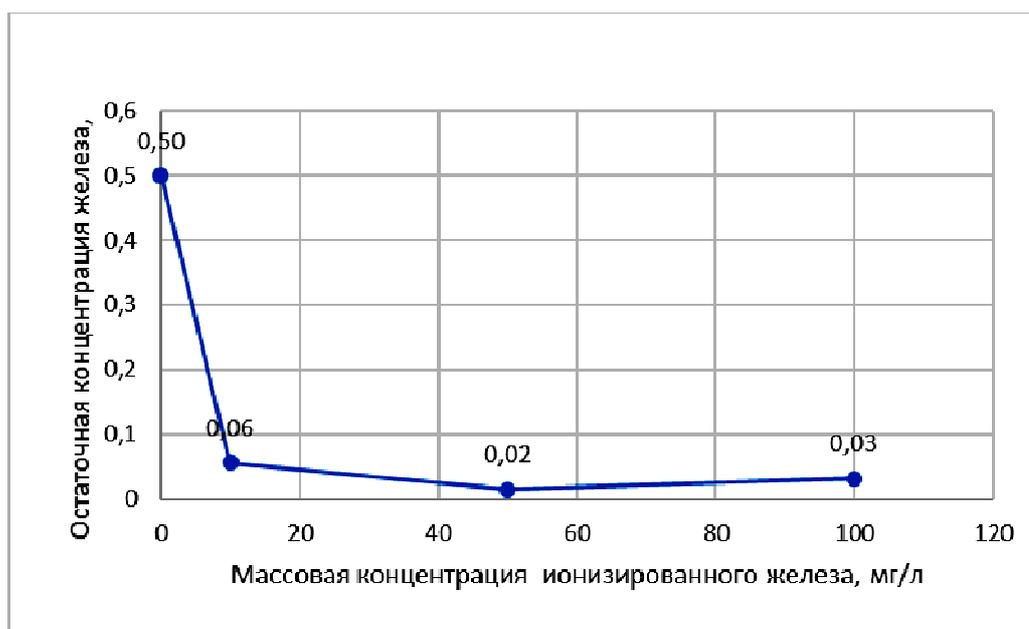
### **Результаты и их обсуждение**

Массовая концентрация пероксида водорода оказывает значительное влияние на очистку воды от железоорганических примесей электрокоагуляцией с железными электродами. Так, при отсутствии пероксида эффект удаления железа составил 18% при остаточной концентрации 0,41 мг/л, введение 50 мг/л.

$H_2O_2$  сопровождалось увеличением эффекта до 96% при остаточной концентрации 0,02 мг/л, что можно объяснить разрушением устойчивых комплексов  $FeFR(OH)_2$  в результате окисления. В результате, система дестабилизировалась и облегчился процесс коагуляции (рис. 5).

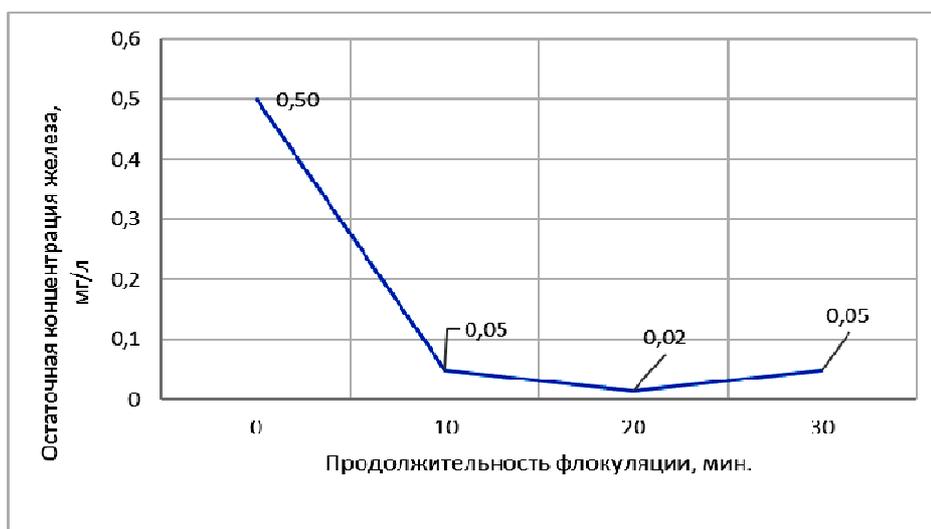


**Рисунок 5 – Влияние массовой концентрации пероксида водорода на очистку воды от железоорганических соединений**



**Рисунок 6 – Влияние массовой концентрации ионизированного металла на очистку воды от железоорганических соединений**

Массовая концентрация ионизированного металла также оказывает преобладающее влияние на очистку воды от железоорганических соединений. Ионы железа принимают участие не только в образовании гидроксида железа, но и являются окислителями в высоких степенях окисления ( $\text{Fe}^{3+}(\text{O}_2\text{H})^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{4+}$ ,  $\text{Fe}^{4+}=\text{O}$ ,  $\text{Fe}^{5+}=\text{O}$ )[6]. При введении 10 мг/л железа эффект очистки составил 88%, при 50 мг/л 96 % (рис. 6).



**Рисунок 7– Влияние продолжительности флокуляции на очистку воды от железоорганических соединений**

Оптимальная продолжительность флокуляции составила 20 минут, при этом эффект очистки равен 96 % (рис. 7).

### **Заключение**

1. Выполненные исследования по очистке воды от железоорганических соединений усовершенствованной электрохимической технологией, включающей обработку пероксидом водорода в присутствии металла с переменной валентностью (железа), показали высокую эффективность данного метода для удаления железоорганических соединений.

2. Установлено, что наибольшее влияние на процесс очистки воды от железоорганических соединений усовершенствованной электрохимической технологией оказывают массовая концентрация пероксида водорода, доза ионизированного железа, продолжительность флокуляции.

3. В результате лабораторных экспериментов установлены оптимальные значения: массовая концентрация пероксида: 40–60 мг/л; массовая концентрация ионизированного железа 10–50 мг/л; продолжительность флокуляции: 15–20 минут.

### **Список цитированных источников**

1. ВОДНАЯ СТРАТЕГИЯ Республики Беларусь на период до 2020 года. УТВЕРЖДЕНО Решение коллегии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 11.08.2011 № 72-Р.

2. Житенёв, Б. Н. Обесцвечивание и обезжелезивание подземных вод, содержащих органические примеси электрохимическим методом / Б. Н. Житенёв, Е. С. Рыбак // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2017. – № 2 (104) : Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, геоэкология.

3. Ramune Albrektiene, Mindaugas Rimeika, Ernesta Lubyte. The removal of iron-organic complexes from drinking water using coagulation process. The 8th International Conference May 19–20, 2011. – Vilnius, Lithuania.

4. Житенёв, Б. Н. Очистка воды от стойких органических примесей окислительными технологиями : [монография] / Б. Н. Житенёв, А. Д. Гуринович. – Брест : БрГТУ, 2019. – 235 с.

5. Кульский, Л. А. Технология очистки природных вод / Л. А. Кульский, П. П. Строчак. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк. 1986. – 352 с.

6. Photochemical Purification of Water and Air, Advanced Oxidation Processes: Principles, Reaction Mechanisms, Reactor Concepts, T. Oppenländer, Wiley-VCH, Germany, 2003.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕСТРУКЦИИ ОЗОНА В ВОДНОМ РАСТВОРЕ ПРИ КОНТАКТЕ С ОКСИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЗАГРУЗКОЙ**

Целью данного исследования является изучение эффективности применения различных материалов для деструкции растворенного в воде озона при водоподготовке плавательных бассейнов.

На основании анализа литературных данных в качестве загрузок, разрушающих озон в водном растворе, были исследованы следующие материалы:

- активированный уголь,
- стеклянные шарики, покрытые тонким слоем серебра;
- нержавеющая сталь в виде тонкой объемной ленточной спирали;
- нержавеющая сталь в виде мелких шайбочек с внутренним диаметром 3 мм, а наружным 6 мм;
- нержавеющая сталь в виде отрезков проволоки длиной 5–8 мм и диаметром 1,5 мм;
- колечки из нихромовой проволоки диаметром 6 мм и толщиной 1,5 мм.

Металлические загрузки были предварительно оксидированы с помощью высокотемпературной обработки.

### **Методика выполнения исследования**

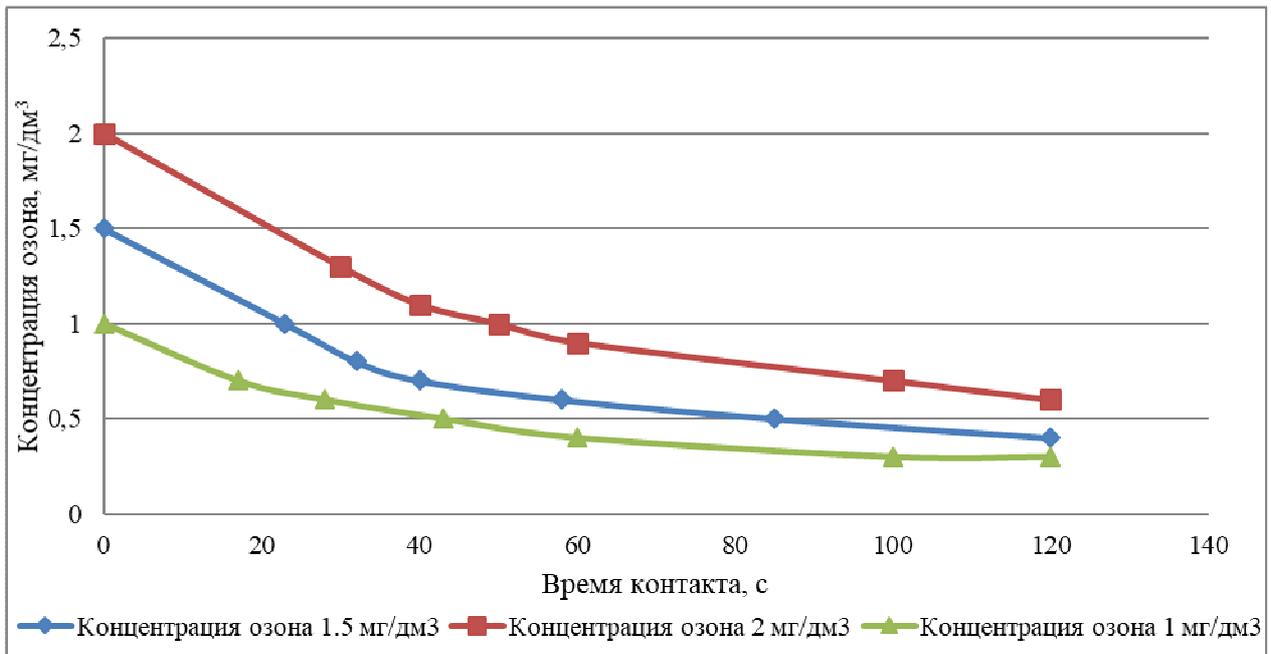
Исследуемая загрузка засыпалась в колонку, затем измерялась высота слоя загрузки. Далее с помощью регулировочного крана на дистиллированной воде устанавливалась необходимая скорость фильтрации. Затем заданный объем озонированной воды с определенной концентрацией непрерывно заливался в верхнюю часть колонки, чтобы загрузка полностью была покрыта водой, и замерялось время фильтрации. Примерно в середине эксперимента отбиралась проба воды, в которой с помощью прибора измерялась остаточная концентрация озона.

При испытании загрузки из активированного угля было установлено, что в процессе фильтрации вода загрязняется микрочастицами угля, которые не позволяют определить остаточную концентрацию озона. По данной причине дальнейшее исследование активированного угля для деструкции озона не проводилось.

Исследование загрузки стеклянных шариков диаметром 0,3 мм, покрытых серебром, показало их высокую эффективность. Во всех опытах при любой скорости фильтрации остаточная концентрация озона составляла менее 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, т. е. ниже предела измерения прибора. Однако, как было отмечено ранее остаточная концентрация озона в воде, поступающей в чашу бассейна, должна составлять 0,1–0,3 мг/дм<sup>3</sup> с целью обеспечения продолжительного обеззараживающего эффекта. Также при проведении исследований было установлено, что слой серебра с поверхности загрузки постепенно смывается, поскольку образующийся на поверхности серебряного покрытия оксид серебра (Ag<sub>2</sub>O) имеет определенную растворимость в воде. Помимо этого, такая загрузка имеет высокую стоимость.

Основные исследования были выполнены с использованием металлических загрузок из нержавеющей стали и нихрома. Загрузка из обычных видов сталей для данных целей является непригодной, поскольку сильно загрязняет фильтруемую воду гидроксидами железа.

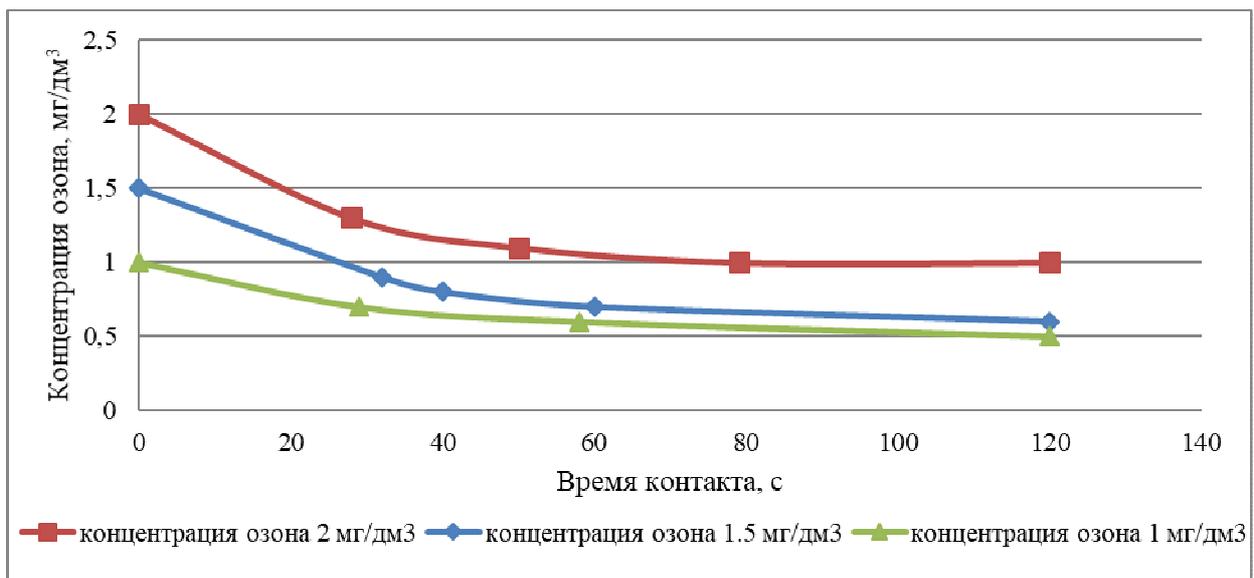
На рисунке 1 представлены результаты фильтрации озонированной воды через ленточную загрузку. Исходная концентрация растворенного озона в воде составляла 1,0; 1,5; 2,0 мг/дм<sup>3</sup>. Во всех случаях через колонку пропускался объем воды 50 см<sup>3</sup>, при этом замерялось фактическое время фильтрации в пределах от 17 до 120 с.



**Рисунок 1 – Зависимость остаточной концентрации озона от время фильтрации для ленточной загрузки из нержавеющей стали**

Данные представленные на рисунке 1, при исходной концентрации озона  $1 \text{ мг/дм}^3$  и времени фильтрации более 100 с, остаточная концентрация озона снижалась до  $0,3 \text{ мг/дм}^3$  и ниже, т. е. до нормативных показателей. При более высоких исходных концентрациях нормативных показателей не достигалось. Однако такие высокие исходные концентрации озона исследовались только в научных целях, поскольку на практике обычно доза озона составляет  $1 \text{ мг/дм}^3$ .

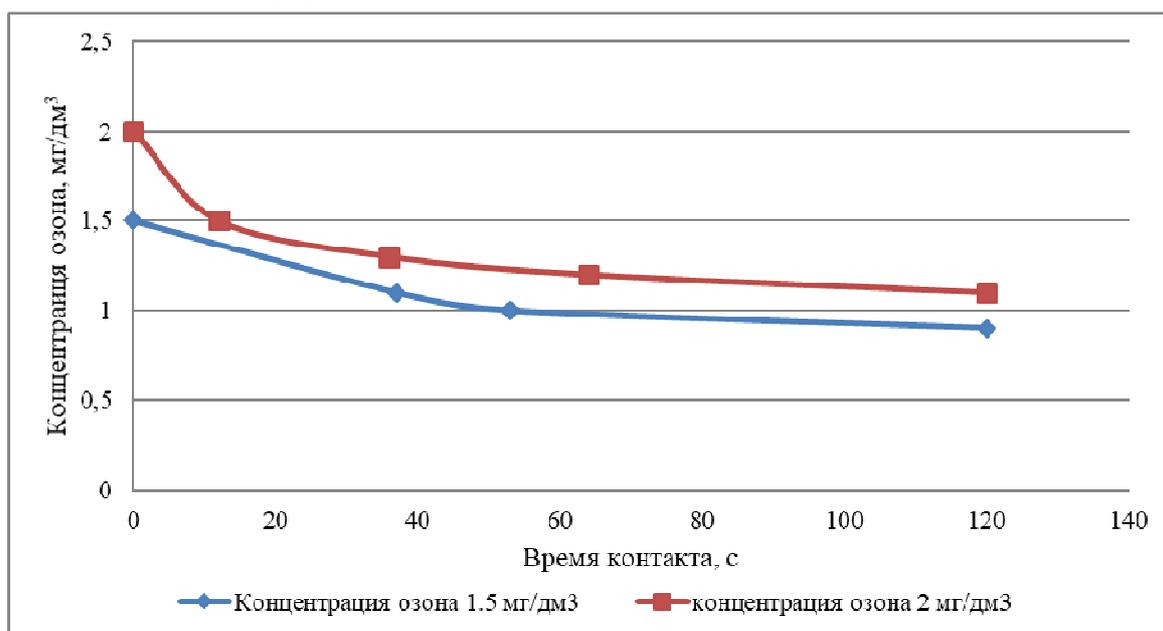
На рисунке 2 представлены результаты обработки озонированной воды фильтрацией через загрузку, состоящую из мелких шайбочек из нержавеющей стали марки AISI-340. Площадь поверхности данной загрузки по сравнению с ленточной загрузкой была меньше, высота слоя загрузки составляла 6 см. Время контакта обрабатываемой воды было меньше. Очевидно, в результате этого нормативных значений остаточного озона в воде не достигнуто.



**Рисунок 2 – Зависимость остаточной концентрации озона от времени фильтрации для загрузки из нержавеющей стали в виде мелких шайбочек**

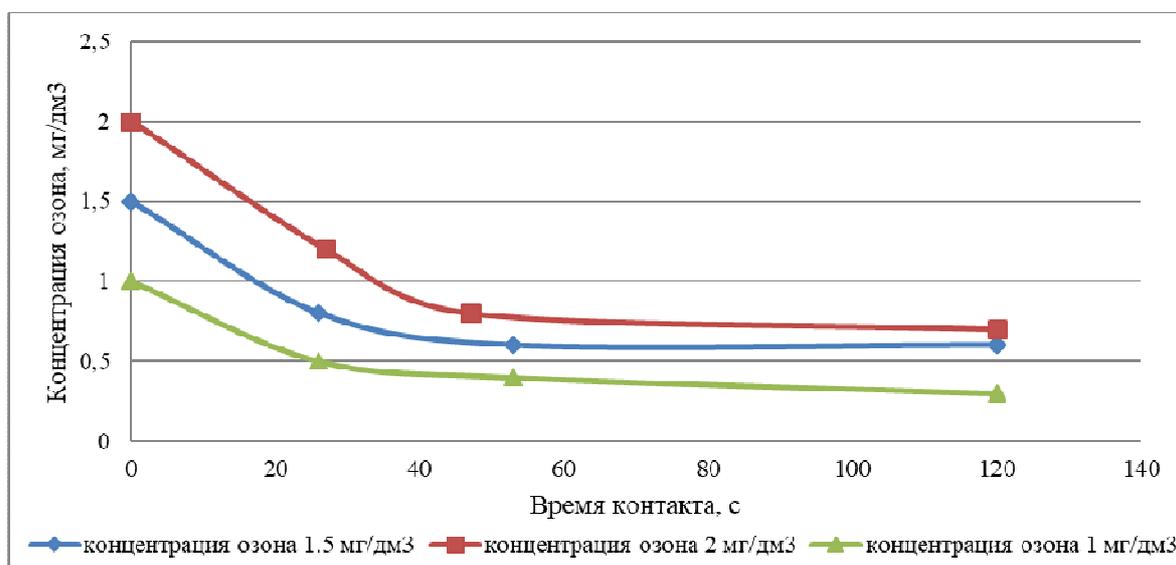
Наименьшая концентрация озона, которая была достигнута,  $0,5 \text{ мг/дм}^3$  при исходной концентрации озона  $1,0 \text{ мг/дм}^3$ . Из этого можно сделать вывод, при увеличении высоты загрузки также можно было достигнуть нужного результата.

На рисунке 3 представлены результаты обработки озонированной воды с помощью колечек из нихромовой проволоки. Несмотря на относительно высокую площадь поверхности и достаточную высоту слоя загрузки, концентрация озона снижалась недостаточно даже при длительном времени обработки. Поэтому опыты с более низкой концентрацией не проводились. В результате был сделан вывод о том, что нихромовая загрузка в качестве деструктора озона является неэффективной.



**Рисунок 3 – Зависимость остаточной концентрации озона от времени фильтрации для загрузки из нихрома**

В заключение была исследована комбинированная загрузка из ранее исследованных шайбочек и прямых отрезков проволоки из нержавеющей стали имеющей похожий состав. Данная загрузка получилась более плотной, при этом высота слоя была 10 см (рис. 4).



**Рисунок 4 – Зависимость остаточной концентрации озона от времени фильтрации для комбинированной загрузки**

Результаты опытов показывают, что комбинированная загрузка так же как и ленточная, обладала высокой эффективностью, это позволяло снизить исходную концентрацию примерно в три раза за 120 с. При исходной концентрации 1,0 мг/дм<sup>3</sup> остаточная концентрация озона в фильтрованной воде за время фильтрации 120 с и более не превышало нормативного.

Выполненные исследования показывают, что наилучшим материалом для загрузки фильтров с целью деструкции озона в водном растворе оказалась специально обработанная нержавеющая сталь. Загрузка из специально обработанной нержавеющей стали обладает целым рядом преимуществ: имеет среднюю активность, что позволяет достигнуть нормативных показателей остаточного озона в воде за небольшое время фильтрации, но при этом не снижает концентрацию остаточного озона до нуля, что обеспечивает эффект последствия. Так же данный вид загрузки имеет очень плотную структуру окисленной поверхности и поэтому не загрязняет воду растворенными и взвешенными веществами.

### **Список цитированных источников**

1. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Гигиенические требования к устройству, оборудованию и эксплуатации плавательных бассейнов : Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 22.09.2009 № 105
2. Белов, С. Г. Разработка метода точного дозирования высоких удельных доз озона при обработке воды / С. Г. Белов, Г. О. Наумчик // Вестник БрГТУ. – 2011 – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геология.
3. Инновационные озоновые технологии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ozonator.pro/destruktory-ozona>.

УДК 637.13. (076)

***Дудар Л. Н., Михалюк М. О.***

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

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛОКА, РЕАЛИЗУЕМОГО В ТОРГОВОЙ СЕТИ г. БРЕСТА**

Мясо-молочный комплекс Республики Беларусь занимает важнейшее место в отечественной индустрии производства продуктов питания. Современная промышленная переработка молока представляет собой сложный комплекс последовательно выполняемых взаимосвязанных химических, физико-химических, микробиологических, биохимических, биотехнологических, теплофизических и других трудоемких и специфических технологических процессов. Эти процессы направлены на выработку молочных продуктов, содержащих либо все компоненты молока, либо их часть [1].

Согласно Указу президента Республики Беларусь от 22 апреля 2015 г. № 166 «Приоритетные направления научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2016–2020 годы» одним из приоритетных направлений являются агропромышленные технологии и производство: сельскохозяйственная техника, машины и оборудование; адаптивные технологии в земледелии и животноводстве; переработка сельскохозяйственной продукции, производство продовольствия.

Актуальной задачей молочной промышленности на современном этапе является увеличение производства молочных продуктов высокого качества. Главным направлением ее развития должны стать интенсификация производства, рациональное использование молока, совершенствование ассортимента молочной продукции за счет увеличения выпуска продуктов повышенной пищевой и биологической ценности, обогащенных белковыми, витаминными и растительными компонентами. Пищевая и биологическая ценность молока заключается в оптимальной сбалансированности его компонентов, легкой усвояемости (на 95-98%) и высокой используемости всех необходимых для организма пластических и энергетических веществ. Молоко содержит все необходимые организму пищевые вещества, поэтому молоко и молочные продукты незаменимы в питании больных, детей и лиц пожилого возраста. В нем содержатся полноценные белки, жиры, витамины, минеральные соли. Всего в молоке обнаружено около 100 биологически важных веществ. Включение молока и молочных продуктов в пищевой рацион улучшает сбалансированность аминокислотного состава белков всего рациона и значительно повышает снабжение организма кальцием.

Сырьём в молочной промышленности являются цельное молоко и отдельные его компоненты, в частности, жир, белок, казеин, лактоза.

Важную роль в решении проблем молочной промышленности имеет раздел «Технология молока и молочных продуктов», рассматриваемый при изучении дисциплины «Технология пищевых производств» студентами специальности «Машины и аппараты пищевых производств». Целью преподавания данной дисциплины является приобретение студентами знаний и навыков по совокупности средств, приемов и способов переработки различного растительного и животного сырья, в том числе молока, необходимых для производственно-технологической деятельности по своей специальности.

Большое практическое значение в процессе подготовки высококвалифицированных специалистов по специальности «Машины и аппараты пищевых производств» имеет изучение лабораторного практикума по технологии молока и молочных продуктов.

Дисциплина «Технология пищевых производств» («ТПП») является одной из основных профильных дисциплин. Она построена на знаниях студентами различных фундаментальных курсов: общей, органической, аналитической химии, биохимии [2, 3]. На кафедре инженерной экологии и химии УО «Брестский государственный технический университет» создана и успешно функционирует учебная лаборатория для изучения органолептических и физико-химических показателей различных пищевых продуктов, а также растительного и животного сырья для студентов специальности «Машины и аппараты пищевых производств».

Методика построения лабораторной работы включает: цель работы, теоретическую часть, практическую часть с изложением подробной методики эксперимента, лабораторный отчет (таблицы, графики, выводы, написание экспертного заключения по качеству продуктов), контрольные вопросы. Студенты, как правило, живо интересуются тематикой лабораторных работ, задают большое количество вопросов, а также сами приносят на анализ интересующие их пищевые молочные продукты.

Первый этап исследования молока включает определение следующих органолептических показателей: внешний вид, цвет, консистенция, запах и вкус. Например, кисловатый запах указывает на начавшееся скисание. При развитии гнилостных бактерий молоко приобретает запах аммиака, сероводорода и др. В случае неправильного хранения или транспортировки молоко может

воспринимать посторонние запахи: керосина, мыла, рыбы, нефти, духов и др. Наличие различных привкусов у молока: горького, соленого, вяжущего, рыбного – обуславливается кормом животного, его болезнью, посторонними примесями, неправильным сбором и хранением молока (вкус доброкачественного молока слегка сладковатый) [1, 4].

Вторым этапом исследования является определение физико-химических показателей молока. В первую очередь определяют следующие показатели: степени чистоты молока (в молоко при его получении, транспортировке и хранении могут попасть покровный волос с животного, частицы корма, подстилки, пыли, а с ними и микроорганизмы, а загрязнённое молоко быстро портится), кислотность, плотность. По кислотности молока можно судить о его свежести и натуральности. Парное молоко обладает бактерицидными свойствами, имеет амфотерную реакцию на лакмус. Через некоторое время в молоке начинают развиваться микроорганизмы, прежде всего молочнокислые бактерии, которые сбраживают молочный сахар и образуют молочную кислоту. Кислотность свежего молока колеблется в пределах 16-18°Т. Кислотность несвежего молока - 23°Т и выше. Кислотность разбавленного молока, или содержащего соду – ниже 16°Т. В тёплое время года молоко должно иметь кислотность не выше 20°Т, в холодное – до 22°Т. Кислотность молока понижается при его разбавлении водой, при добавлении соды и при некоторых заболеваниях животных. Плотность молока – это масса единицы объёма молока (кг/м<sup>3</sup>) при 20°С. Этот показатель имеет важное значение при оценке качества молока, так как характеризует соотношение всех находящихся в нём веществ, из которых белки, углеводы и соли повышают плотность, а жир – снижает её. При температуре 20°С плотность молока колеблется в пределах от 1028 до 1034 кг/м<sup>3</sup>. В среднем плотность сборного коровьего молока при температуре 20°С равна 1030 кг/м<sup>3</sup>. Плотность является одним из показателей натуральности молока. При разведении водой плотность его уменьшается [1, 4, 5, 6].

Далее проводят опыты по определению белка, содержанию жира, аммиака, определяют качество термической обработки молока, выделяют казеин и молочный сахар, проводят пробу на редуктазу, вычисляют сухой остаток. Проба на редуктазу очень важна, т. к. фермент редуктаза появляется в молоке при размножении бактерий, он является продуктом их жизнедеятельности. Чем больше в молоке микроорганизмов, тем быстрее происходит обесцвечивание метиленовой синьки, добавленной в молоко [1].

Заключительным этапом лабораторных исследований является определение фальсификации молока. Для выявления возможной фальсификации проводят тесты на содержание соды (соду добавляют в молоко для того, чтобы скрыть его повышенную кислотность; нейтрализуя молочную кислоту, сода не задерживает развития гнилостных микроорганизмов и способствует разрушению витамина С; такое молоко не пригодно для употребления в пищу), крахмал (крахмал или муку добавляют в молоко, чтобы придать ему более густую консистенцию после разбавления водой), пероксида водорода и нитратов [1, 4, 5, 6].

Целью настоящей работы являлось изучение органолептических и физико-химических показателей молока, реализуемого в торговой сети г. Бреста, определение свежести и отсутствия (или присутствия) фальсификации исследованных образцов молока. Наименование объектов исследования приведено в таблице 1.

Согласно результатам исследования, все органолептические и физико-химические показатели соответствуют требованиям СТБ 1746-2017 «Молоко питьевое». Общие технические условия. Определено, что фальсификация во всех пробах молока отсутствует.

**Таблица 1 – Объекты исследования**

№	Наименование объекта исследования
1	ОАО «Молочные горки», молоко цельное ультрапастеризованное
2	ОАО Минский молочный завод №1 «Славянские традиции», молоко цельное ультрапастеризованное
3	ОАО «Здравушка милк», молоко отборное пастеризованное
4	ОАО «Молочные горки», молоко цельное
5	Гос. Предприятие «Молочный гостинец», молоко отборное
6	«Молочный мир», молоко пастеризованное
7	ОАО «Молочные горки», молоко цельное ультрапастеризованное
8	ООО Несвижский завод детского питания «Сарафаново», молоко стерилизованное
9	ООО «Данон», Пружаны «Простоквашино», молоко пастеризованное
10	ОАО «Березовский сыродельный комбинат» (Березка), молоко пастеризованное
11	Гос. предприятие «Молочный гостинец», молоко отборное
12	Молочный мир «Твоя кружка», молоко пастеризованное
13	«Бабушкина Крынка», молоко пастеризованное
14	«Остромечевские просторы», ОАО «Брестское мороженое», молоко питьевое пастеризованное
15	ООО «Данон» Пружаны «Простоквашино», молоко стерилизованное

При помощи прибора «ЛАКТАН 1-4 МИНИ» для всех исследованных проб молока определяли жирность, СОМО, плотность и содержание влаги. Ни в одном из исследованных образцов влаги не было обнаружено. Результаты исследований приведены в таблице 2.

**Таблица 2 – Исследование проб молока на приборе «ЛАКТАН 1-4 МИНИ»**

№	Наименование показателя, определенного на приборе				Вывод
	жирность, %	СОМО	влага, %	плотность, кг/м <sup>3</sup>	
1	3,57	8,14	0	1031	соответствует
2	3,55	8,11	0	1034	соответствует
3	3,59	8,12	0	1031	соответствует
4	3,45	8,09	0	1030	соответствует
5	3,93	8,20	0	1029	соответствует
6	4,09	8,21	0	1029	соответствует
7	3,5	8,12	0	1029	соответствует
8	3,22	8,08	0	1030	соответствует
9	3,25	8,07	0	1029	соответствует
10	3,63	8,12	0	1030	соответствует
11	3,69	8,13	0	1029	соответствует
12	3,95	8,25	0	1032	соответствует
13	1,55	8,03	0	1028	соответствует
14	3,54	8,11	0	1030	соответствует
15	3,14	8,14	0	1029	соответствует

**Заключение.** На исследования представлены 15 образцов молока, реализуемого в торговой сети г. Бреста. Исследованы образцы молока различной жирности и с различной термической обработкой (пастеризованное, стерилизованное, ультрапастеризованное). По органолептическим и физико-химическим показателям все пробы молока соответствуют требованиям СТБ 1746-2017 «Молоко питьевое. Общие технические условия». Жирность молока соответствует заявленной производителем. Фальсификации молока и присутствия воды не обнаружено.

**Вывод.** По своей питательной ценности молоко может заменить любой другой продукт, но ни один другой продукт не заменит молоко. Все минеральные вещества молока имеют огромное физиологическое значение для человека. Благодаря высокой концентрации кальция этот продукт является незаменимым в питании как детей и подростков, так и лиц пожилого возраста. Молоко стоит значительно выше по усвояемости кальция, чем мясо и рыба. Особенно это важно для детей, так как именно в этот период происходит формирование костей и накопление в них кальция, дефицит которого не удастся восполнить в более старшем возрасте.

Молоко, производимое различными предприятиями Республики Беларусь, реализуемое в торговой сети г. Бреста, является высококачественным продуктом.

#### **Список цитированных источников**

1. Морозова, Н. И. Лабораторный практикум по технологии молока и молочных продуктов (учебное пособие) / Н. И. Морозова, Ф. А. Мусаев ; ФГБОУ ВПО РГАТУ. – Рязань – 2015. – 188 с.

2. Халецкий, В. А. Chemistry in curriculum for future engineers in Food Machinery / В. А. Халецкий, Э. А. Тур, Maria Paz Aguilar-Caballo // 8-я международная конференция по химии и химическому образованию «Свиридовские чтения 2018» : тезисы докладов конф., Минск, 10–13 апреля 2018 г. / Минск: Красико-Принт, 2018. – С. 183–184.

3. Халецкий, В. А. Основы аналитической химии в курсе химии для студентов инженерных специальностей / В. А. Халецкий, Э. А. Тур, А. В. Медведь // Актуальные проблемы химического образования в средней и высшей школе : сборник научных статей / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: И. М. Прищепа (гл. ред.) [и др.] ; под ред. проф. Е. Я. Аршанского. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2018. – С. 320–321.

4. Хамагаева, И. С. Лабораторный практикум по технологии молока и молочных продуктов / И. С. Хамагаева [и др.] ; Вост.-Сиб. гос. технол. ун-т. - Улан-Удэ : Издательство ВСГТУ, 2000. – 79 с.

5. Молоко коровье. Требования при закупках : СТБ 1598-2006

6. Молоко питьевое. Общие технические условия : СТБ 1746-2017

УДК 62-91

*Дышко А. В., Ястребкова В. П.*

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

### **РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ, ВОЗНИКШЕЙ В СЛУЧАЕ НЕПРАВИЛЬНО ЗАПРОЕКТИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ В ПОМЕЩЕНИИ ТОРГОВОГО ЦЕНТРА «ЗОДЧИЕ»**

Перед специалистами систем вентиляции и кондиционирования стоят такие задачи, как: разработка схем вентиляционных систем, их конструирование, устройство и размещение вентиляционного оборудования, а также реконструкция уже существующих систем. В нашей работе представлено решение последней задачи.

Обследование моечной столовой торгового центра «Зодчие» проводилось на базе уже существующей местной системы вентиляции.

Главной проблемой помещения является отсутствие приточно-вытяжной вентиляции. Вместо нее ранее была запроектирована и установлена местная вытяжная система аспирации от посудомоечной машины, которая представлена на снимке. Мы видим вытяжной зонтик над машиной и патрубок, который служит для удаления влаги из секции ополаскивания. Но в связи с тем, что

установленная система не выполняла свои функции, была поставлена задача нахождения способа решения проблем с минимальными затратами и пожеланиями заказчика.

В ходе нашей работы были замерены фактические параметры внутреннего воздуха, произведен расчет вредностей, поступающих в помещение, был выполнен расчет производительности системы вентиляции, достаточной, чтобы добиться необходимых условий в помещении. Также было рассчитано количество воздуха и пара при слабых выделениях, отсасываемого через зонт, затем мы проводили расчет при интенсивных источниках теплоты либо влаги. Исходя из полученных данных, определены размеры зонта, который необходимо установить над мойками.

**Количество воздуха и пара, отсасываемого через зонт над моечной машиной (при слабом выделении):**

$$L_3 = 3600 \cdot F_{\text{ист}} \cdot v, \quad (1)$$

где  $v$  – минимальная скорость во всасывающем сечении для зонта, открытого с четырех сторон равна  $0,15 \div 0,25$  м/с;

$F_{\text{ист}}$  – площадь источника пара.

$$F_{\text{ист}} = 0,54 \cdot 0,75 = 0,405 \text{ м}^2,$$

$$L_3 = 3600 \cdot 0,405 \cdot 0,25 = 364,5 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

**Количество воздуха, отсасываемого через зонт над моечной машиной при интенсивных источниках теплоты либо влаги:**

$$L_3 = L_k \cdot \frac{F_3}{F_{\text{ист}}}, \quad (2)$$

или

$$L_3 = 64 \cdot \sqrt{F_3 \cdot h \cdot F_{\text{ист}}^2} \cdot \frac{F_3}{F_{\text{ист}}}, \quad (3)$$

где  $L_k$  – расход воздуха, подтекающего к зонту с конвективной струей,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$F_3$  и  $F_{\text{ист}}$  – площадь соответственно зонта и источника выделения теплоты,  $\text{м}^2$ ;

$Q_k = 1,5 \cdot \sqrt[3]{t_{\text{ист}} - t_g}$  – количество выделяемой конвективной теплоты, Вт;

$h = 0,8d_3$  – расстояние от поверхности источника до зонта, м;

$t_{\text{ист}}$  и  $t_g$  – температура соответственно поверхности источника и окружающего воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$d_3$  – эквивалентный по площади диаметр источника, м;

при  $h < 2,8\sqrt{F_{\text{ист}}}$  принимают  $F_3 = 1,5F_{\text{ист}}$ .

$$F_3 = 1,5 \cdot 0,405 = 0,61 \text{ м}^2,$$

$$Q_k = 1,5 \cdot \sqrt[3]{85 - 20} = 6 \text{ Вт},$$

$$L_3 = 64 \cdot \sqrt{6 \cdot 0,8 \cdot 0,405^2} \cdot \frac{0,61}{0,405} = 89 \text{ м}^3 / \text{ч},$$

$$L_k = L_3 \cdot \frac{F_{\text{ист}}}{F_3} = 89 \cdot \frac{0,405}{0,61} = 59 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

**Количество воздуха и пара, отсасываемого через зонт над мойками:**

$$L = 3600 \cdot F_3 \cdot v, \quad (4)$$

где  $v$  – минимальная скорость во всасывающем сечении для зонта, открытого с четырех сторон равна  $0,15 \div 0,25$  м/с;

$F_3$  – площадь зонта, которая должна превышать площадь моек;

$$F_m = 1,68 \text{ м}^2.$$

$$F_3 = 1,2 \cdot 1,9 = 2,28 \text{ м}^2,$$

$$L = 3600 \cdot 2,28 \cdot 0,15 = 1231 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

**Количество воздуха и пара, отсасываемого через зонт над моечной машиной:**

$$L = 3600 \cdot F_3 \cdot v, \quad (5)$$

где  $v$  – минимальная скорость во всасывающем сечении для зонта, открытого с четырех сторон равна  $0,15 \div 0,25$  м/с;

$F_3$  – площадь зонта.

$$F_3 = 1,1 \cdot 0,8 = 0,88 \text{ м}^2,$$

$$L = 3600 \cdot 0,88 \cdot 0,25 = 792 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

**Количество воздуха, рекомендованного паспортом установки,** которое необходимо отвести при помощи гофрированной трубы диаметром 150 мм и предварительно установленного вентиляционного патрубка из комплекта поставки:

$$L = 800 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

**Расход воздуха в системе:**

$$\sum L = 1231 + 792 + 800 = 2823 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

**Расчет вытяжного зонта над мойками:**

Приемное отверстие зонта должно находиться как можно ближе к источнику выделения вредностей, а форма его в плане должна быть подобной форме источника. В целях наибольшего улавливания вредностей необходимо, чтобы размеры зонта были больше размеров источника выделения вредностей.

Длина стороны зонта или его диаметр может быть определена по формуле:

$$B = b_{ист} + 0,8h, \quad (6)$$

где  $b_{ист}$  – длина стороны или диаметр источника вредных выделений, м;

$h$  – вертикальное расстояние до источника вредных выделений.

В нашем случае стороны зонта  $B_1 = 1,2$  и  $B_2 = 1,9$  м.

Высота колпака зонта может быть определена по формуле:

$$h_k = 0,5(B - d_e) \cdot ctg \frac{\alpha}{2}, \quad (7)$$

где  $B$  – длина стороны или диаметр всасывающего отверстия зонта, м;

$d_e$  – диаметр отсасывающего воздуховода зонта, м;

$\alpha$  – угол раскрытия колпака, град.

$$h_k = 0,5(1,9 - 0,315) \cdot ctg \frac{120}{2} = 0,46 \text{ м}.$$

Следующим этапом нашей работы был аэродинамический расчет.

Далее была запроектирована система воздуховодов вытяжной системы аспирации.

По результатам расчета был подобран вентилятор радиальный ВР 80-75-4, исполнение 1: относительный диаметра колеса 1, частота вращения 960, производительность 1250-2950 м<sup>3</sup>/ч, полное давление 230-130 Па, уровень шума  $L_w = 75$  дБА.

Существует два варианта размещения вентилятора: непосредственно внутри помещения и за его пределами. При установке вентилятора внутри

помещения для обеспечения комфортного уровня шума для персонала должен быть подобран трубчатый шумоглушитель.

Данная система была запроектирована нами с учетом всех требований заказчика, но, к сожалению, данная система не сможет в полном объеме обеспечить необходимый воздухообмен. Поэтому наиболее целесообразным решением является проектирование общеобменной приточно-вытяжной вентиляции.

#### **Список цитированных источников**

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

2. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. Б. М. Хрусталева – 3-е издание исправленное и дополненное. – М.: Изд-во АСВ, 2007. – 784 с.

3. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений : Санитарные правила и нормы СанПиН 9-80 РБ 98.

4. Донин, Л. С. Справочник по вентиляции в пищевой промышленности. – М., 1977.

УДК 628.84

**Иванюк Д. В.**

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

### **ПРЯМОТОЧНЫЕ СХЕМЫ ОБРАБОТКИ ВОЗДУХА ДЛЯ ЗАЛА ЗАСЕДАНИЙ**

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].

При построении процессов на I-d диаграмме и выборе технологической схемы обработки воздуха необходимо стремиться к рациональному использованию энергии, обеспечивая экономное расходование холода, теплоты, электроэнергии. Возможно несколько схем обработки воздуха: прямоточные, в том числе с управляемыми процессами, с рекуператором, с одной или двумя рециркуляциями, схемы с байпасом. Вопрос выбора принципиальной схемы обработки воздуха может быть решен в ходе построения на I-d диаграмме процессов обработки воздуха в кондиционере.

Схемы процессов обработки воздуха в приточно-вытяжной установке и изменение его состояния в помещении представляются на I-d диаграмме с учетом избытков полной теплоты и влаговывделений в помещении для двух периодов года.

В зале заседаний в г. Борисове для поддержания оптимальных параметров микроклимата используется система кондиционирования.

Согласно п. 7.2 [2] для обеспечения параметров микроклимата в пределах оптимальных санитарно-гигиенических норм принимаем СКВ второго класса.

Расчетные параметры наружного воздуха принимаем по Приложению Е, в соответствии с п. 5.14 [2]. Для города Борисова параметры наружного воздуха представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Расчетные параметры наружного воздуха**

Период года	Температура $t_n$ , °C	Удельная энтальпия, $I_n$ , кДж/кг	Скорость ветра $v$ , м/с
Теплый	24,2	49,1	2,6
Холодный	-24,0	-23,2	3,8

Параметры воздуха в обслуживаемой зоне определяются по [3]. Для зала заседаний параметры внутреннего воздуха представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Расчетные параметры внутреннего воздуха**

Период года	Температура $t_b$ , °C	Относительная влажность $\phi_b$ , %	Скорость движения $u_b$ , м/с
Теплый	25	60	0,3
Холодный	19	30	0,2

Параметры воздуха представлены характерными точками:

- Точка Н — параметры наружного воздуха;
- Точка В — параметры воздуха в обслуживаемой зоне;
- Точка П — параметры приточного воздуха;
- Точка У — параметры удаляемого воздуха.

Построение начинаем с нанесения на  $I-d$  диаграмму точек Н и В, которые характеризуют состояние наружного и внутреннего воздуха соответственно. В зависимости от взаимного расположения этих точек решается вопрос о способе обработки наружного воздуха.

Представим характеристику прямоточных процессов обработки воздуха, посчитанных по [4] и [5].

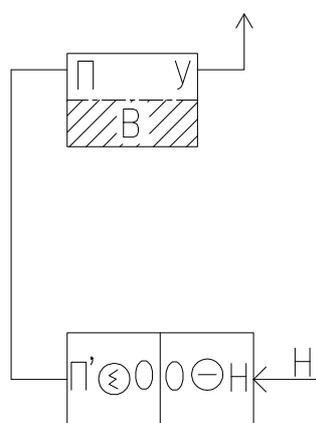
*1. Прямоточный процесс обработки воздуха в теплый период года с фреоновым охладителем и пароувлажнителем.*

Путем параллельного переноса накладываем процесс изменения состояния воздуха в помещении  $\varepsilon_T=7409,28$  на точку В и определяем на этой линии положение точек, характеризующих состояние приточного и удаляемого воздуха: точку П (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы  $t_{п} = \text{const}=20^{\circ}\text{C}$ ), точку У (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы  $t_y = \text{const}=25,75^{\circ}\text{C}$ ).

Принимаем, что нагрев воздуха в вентиляторе и путьевые изменения его температуры в воздуховодах составляют примерно  $1^{\circ}\text{C}$  при  $d = \text{const}$ . По этой

причине точка, характеризующая состояние воздуха на входе в вентилятор, находится ниже точки П на один градус по линии  $d_{п} = \text{const}$ . Параметры воздуха на входе в вентилятор характеризует точка П'.

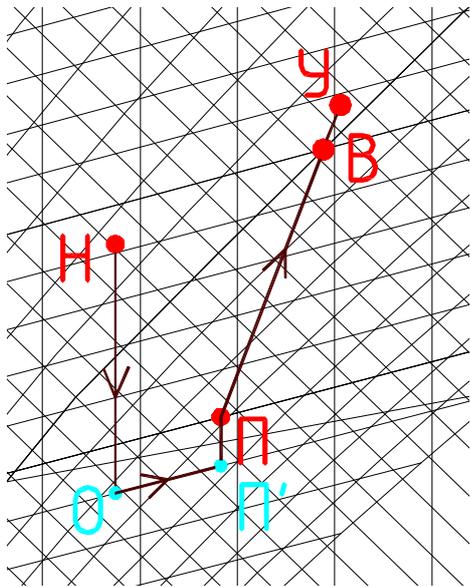
По принятой схеме (рис. 1) наружный воздух Н охлаждается до О, находящейся на одной линии ( $t=\text{const}$ ) с точкой П'. Из О при увлажнении паром получаем П'.



**Рисунок 1 – Принципиальная схема установки**

На диаграмме (рис. 2) линия НО характеризует чистое охлаждение, при помощи фреонового охладителя. Линия ОП' — процесс обработки воздуха в камере увлажнения. Линия П'П — нагрев воздуха в вентиляторе.

ПВ характеризует изменение состояния воздуха в помещении.

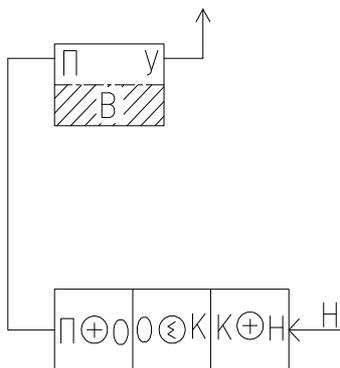


**Рисунок 2 – Процесс обработки воздуха в теплый период**

2. *Прямоточный процесс обработки воздуха в холодный период года с первым и вторым подогревом и пароувлажителем.*

Путем параллельного переноса накладываем процесс изменения состояния воздуха в помещении  $\epsilon_x=12397,26$  кДж/кг на точку В и определяем на этой линии положение точек, характеризующих состояние приточного и удаляемого воздуха: точку П (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы  $t_1=15^{\circ}\text{C}$ ) и точку У (пересечение линии процесса изменения).

По принятой схеме установки (рис. 3) наружный воздух Н нагревается до точки К по линии  $d=\text{const}$ , затем при увлажнении паром из точки К попадаем в точку О по линии  $t=\text{const}$ .

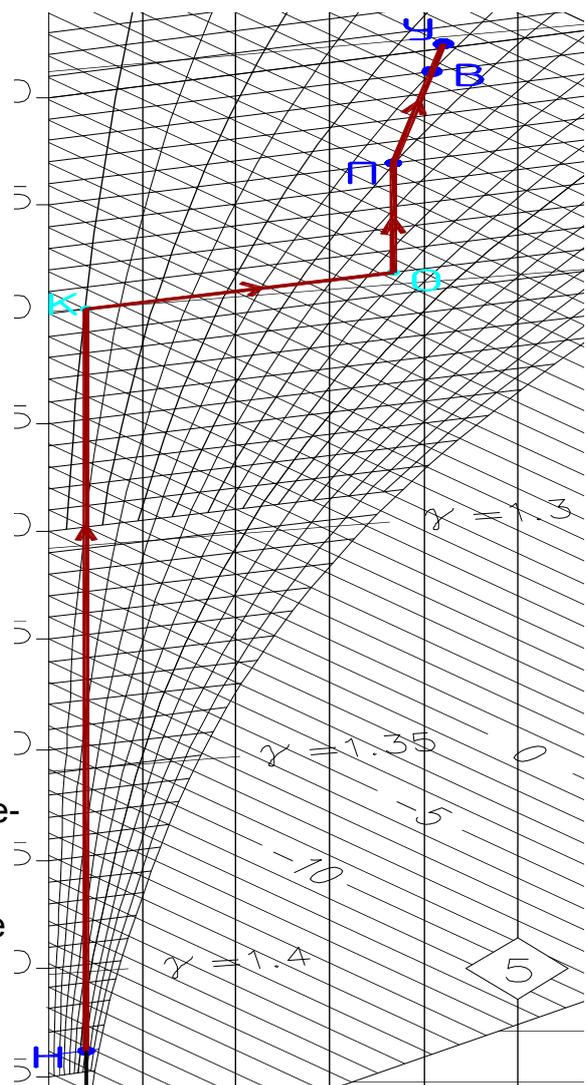


**Рисунок 3 – Принципиальная схема установки**

Из точки О воздух нагревается до точки П по линии  $d=\text{const}$ . состояния воздуха в помещении и изотермы  $t_2=20,2^{\circ}\text{C}$ ).

**Рисунок 4 – Процесс обработки воздуха в холодный период**

На диаграмме (рис. 4) линия НК характеризует процесс изменения состояния воздуха при первом подогреве. Линия КО — процесс обработки воздуха в камере увлажнения. Линия ОП — изменение параметров воздуха с помощью второго подогрева. Линия ПВ характеризует изменение состояния воздуха в помещении.



Качественный выбор кондиционера предполагает исследование различных вариаций его комплектующих и их характеристик. Исходя из полученных данных, для дальнейшего анализа и оптимального выбора центрального кондиционера, будем использовать такие технологические схемы, как:

- Первая схема – прямоточный процесс обработки воздуха в теплый период года с френовым охладителем и пароувлажнителем;
- Вторая схема – прямоточный процесс обработки воздуха в холодный период года с первым и вторым подогревом и пароувлажнителем.

#### **Список цитированных источников**

1. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение : методические указания для выполнения курсового проекта по дисциплине / С. Р. Сальникова, П. Ф. Янчилин – Брест, 2015. – 53с.
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. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение : методические указания к курсовому проектированию по курсу лекций / П. Т. Крамаренко, С. С. Козлов, И. П. Грималовская – Нижний Новгород, 2009. – 50 с.

УДК 62-91

*Климович А. В., Ястребкова В. П.*

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

### **ОБСЛЕДОВАНИЕ И ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕДОПУСТИМЫХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИИ ТОРГОВОГО ЦЕНТРА «ЗОДЧИЕ»**

Задачей каждого специалиста в области вентиляции и кондиционирования является обеспечение комфортных условий для людей, находящихся в помещении.

Нами было проведено обследование в помещении моечной столовой торгового центра «Зодчие». Функционирование столовой сопровождается использованием большого количества кухонной и столовой посуды, которая нуждается в мойке. Процедура мытья посуды в условиях массового пищевого производства должна быть организована эффективно и с соблюдением всех санитарно-гигиенических норм. Независимо от того, что в моечной предусмотрена профессиональная посудомоечная машина, моечная столовой посуды оборудована тремя ваннами для ручной мойки тарелок и двумя ваннами для мытья стаканов, кружек и других приборов.

В ходе обследования мы в первую очередь замеряли фактические параметры воздуха в холодный период (замеры производились в феврале), к которым относятся температура  $t=18^{\circ}\text{C}$ , влажность  $\varphi=73\%$ , скорость  $u=0,1$  м/с.

Далее нами был произведен расчет количества вредностей, поступающих в помещение, для холодного периода года

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.

**Теплопоступления от людей:**

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

где  $q$  – явное количество теплоты, выделяемое одним взрослым человеком (мужчиной), при легкой работе при  $t_{p.z.} = 18^\circ\text{C}$ ,  $q_{яв} = 108$  Вт явной теплоты,  $n$  – расчетное количество человек,  $k_n = 0,85$  – для женщин.

$$Q_{я} = 108 \cdot 4 \cdot 0,85 = 367,2 \text{ Вт}.$$

**Поступление влаги от людей:**

$$M = m \cdot n \cdot k_n, \quad (2)$$

где  $n$  – расчетное количество человек,  $m$  – количество влаги, выделяемой одним взрослым человеком (мужчиной) г/ч, принимается в зависимости от температуры внутреннего воздуха и категории работ, в нашем случае

$m = 67 \frac{\text{г}}{\text{ч}}$  (для холодного периода),  $k_n = 0,85$  – для женщин.

**Количество углекислого газа:**

$$M_{co_2} = m_{co_2} \cdot n, \quad (3)$$

где  $n$  – расчетное количество человек,  $m_{co_2}$  – количество углекислого газа, выделяемое одним человеком, г/ч, принимается в зависимости от категории работы, в нашем случае  $m_{co_2} = 45 \frac{\text{г}}{\text{ч}}$ ,  $M_{CO_2}$  – выделение углекислого газа одним человеком в зависимости от вида выполняемой работы, г/ч.

**Теплопоступления с открытой поверхности воды с водяным паром:**

При ручной мойке посуды в ваннах с соблюдением всех санитарных правил в окружающий воздух будет выделяться теплота в явном и скрытом виде, так как температура воды при мойке посуды больше температуры окружающего воздуха. Теплопоступления в явном виде мы можем рассчитать по следующей формуле:

$$Q_{н.в.}^{я} = (5,71 + 4,06u) \cdot (t_w - t_{в}) \cdot F, \quad (4)$$

где  $u$  – скорость движения воздуха над поверхностью воды, м/с,  $F$  – площадь поверхности воды, м<sup>2</sup>,  $t_{в}$  – температура окружающего воздуха, °С,  $t_w$  – температура воды, °С.

При мытье посуды с моющими средствами в трех ваннах при температуре 45–50°С будет выделяться следующее количество явной теплоты:

$$Q_{н.в.}^{я} = (5,71 + 4,06 \cdot 0,1) \cdot (45 - 18) \cdot 0,75 = 123,8 \text{ Вт}.$$

При ополаскивании посуды в двух ваннах при температуре 50°С будет выделяться следующее количество явной теплоты:

$$Q_{н.в.}^{я} = (5,71 + 4,06 \cdot 0,1) \cdot (50 - 18) \cdot 0,5 = 159 \text{ Вт}.$$

**Влагопоступления с открытой поверхности некипящей воды:**

При ручной мойке посуды в ваннах с соблюдением все санитарных правил в окружающий воздух будет испаряться влага. Интенсивность испарения можно определить по следующей формуле:

$$W = (a + 0,131u) \cdot (P_2 - P_1) \frac{101,33}{P_б} F, \quad (5)$$

где  $u$  – скорость движения воздуха над поверхностью воды, м/с,  $F$  – площадь поверхности воды, м<sup>2</sup>,  $a$  – фактор гравитационной подвижности окружающего воздуха при температуре в помещении в пределах  $t_{в} = 15 \dots 30^\circ\text{C}$ ,  $P_1$  – давление водяных паров, содержащихся в воздухе помещения при соответствующей относительной влажности, кПа,  $P_2$  – давление водяных паров, насыщающих воздух помещения, кПа,  $P_б$  – барометрическое давление, кПа.

При мытье посуды с моющими средствами в трех ваннах при температуре 45-50°C будет испаряться влага в количестве:

$$W = (0,240 + 0,131 \cdot 0,1) \cdot (9,58 - 2,06) \frac{101,33}{998} \cdot 0,75 = 0,145 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}.$$

При ополаскивании посуды в двух ваннах при температуре 50°C будет испаряться влага в количестве:

$$W = (0,303 + 0,131 \cdot 0,1) \cdot (31,19 - 2,06) \frac{101,33}{998} \cdot 0,5 = 0,467 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}.$$

В секции разгрузки вымытая посуда после ополаскивания в моечной машине при температуре 85°C снимается оператором с транспортера, где будет испаряться влага в количестве:

$$W = (0,363 + 0,131 \cdot 0,1) \cdot (57,81 - 2,06) \frac{101,33}{998(0,54 \cdot 0,75)} = 0,862 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}.$$

Из расчета следует, что максимальное количество вредных выделений приходится на теплоту и суммарные влаговыделения. В комплексе с малой скоростью движения воздуха это приводит к образованию застойных зон и следующих проблем:

- развитие болезнетворных плесневых грибков, что приводит к позеленению стен, черным точкам на потолке, специфическому запаху и развитию аллергических реакций и болезней у людей;
- выпадение конденсата на поверхностях оборудования, что приводит к коррозии и, как следствие, износу оборудования;
- разрушение ограждающих конструкций.

Для устранения перечисленных проблем необходимо запроектировать общеобменную приточно-вытяжную систему вентиляции, которая будет обеспечивать соответствие воздуха в моечной санитарно-гигиеническим требованиям.

#### **Список цитированных источников**

1. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : СНБ 4.02.01-03 – Минск, 2004.
2. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. Б. М. Хрусталева. – 3-е издание исправленное и дополненное. – М.: Изд-во АСВ, 2007. – 784 с.
3. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений : Санитарные правила и нормы СанПиН 9-80 РБ 98

УДК 556.044

**Максимчук М. В.**

**Научный руководитель: к. т. н., доцент Волчек Ан. А.**

## **ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА РЕК БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ**

Весеннее половодье — характерная фаза естественного водного режима рек Белорусского Полесья. Для каждого бассейна характерна своя форма гидрографа весеннего половодья в связи с различными природными факторами (рельеф и конфигурация, залесенность и заболоченность территории бассейна). На малых реках половодье проходит несколькими волнами, на больших – носит ступенчатый характер при затяжном таянии снега; при быстром снеготаянии половодье проходит одной волной с резким интенсивным подъемом и более плавным спадом.

Половодья сопровождаются разливами рек, которые в многоводные годы при максимальных подъемах уровней воды приобретают характер катастро-

фических явлений (наводнений), что приводит к затоплению населенных пунктов, сельскохозяйственных земель, разрушению мостов, дорог, гидротехнических сооружений и т. д.

Согласно принятой в Беларуси классификации наводнений по их размерам и приносимому ущербу все наводнения разделены на 4 группы.

**I – небольшие наводнения** – повторяемостью 1 раз в 5–8 лет при обеспеченности максимальных уровней воды 11–20 %. Наводнения бывают при условии, когда один из формирующих факторов по своей величине выше средних многолетних значений на 15–20 %.

**II – большие наводнения** – повторяемостью 1 раз в 10–50 лет при обеспеченности максимальных уровней воды 2–10 %. Наводнения бывают при условии, когда ряд формирующих факторов по своей величине выше средних многолетних значений на 25–100 %.

**III – выдающиеся наводнения** – повторяемостью 1 раз в 55–100 лет, при обеспеченности максимальных уровней воды 1–2 %. Наводнения бывают при условиях, когда формирующие их факторы по своей величине в несколько раз превышают средние многолетние значения.

**IV – катастрофические наводнения** – повторяемостью 1 раз в 100–200 лет и реже. Обеспеченность максимальных уровней менее 1 %. Наводнения бывают при сочетании максимальных значений формирующих их факторов, по величине превышающих средние многолетние значения не менее чем в 1,5–3 раза и, как правило, одновременно распространяющиеся на большой территории.

В последнее время большую роль в увеличении частоты и разрушительной силы наводнений помимо природных факторов играют антропогенные воздействия. Среди них в первую очередь следует назвать сведение лесов (максимальный поверхностный сток возрастает на 250–300 %), освоение поймы, нерациональное ведение сельского хозяйства и др. Климатические изменения, происходящие на протяжении последних десятилетий, также существенно повлияли на характеристики весеннего половодья рек Белорусского Полесья.

Основная цель работы — изучение многолетней динамики экстремальных значений стока рек Белорусского Полесья, а в частности, максимального расхода воды в период весеннего половодья, а также особенностей их изменения в условиях потепления климата и увеличения антропогенной нагрузки.

Исходными данными послужили временные ряды максимальных расходов воды весеннего половодья основных рек Белорусского Полесья за период инструментальных наблюдений 1877–2015 гг. Пропущенные данные были восстановлены с помощью программного комплекса «Гидролог».

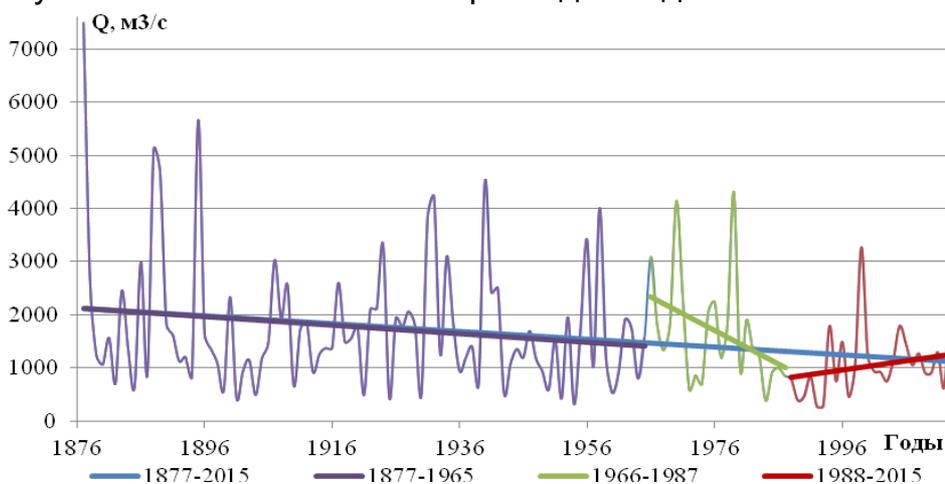
Оценка однородности временных рядов максимальных расходов воды весеннего половодья осуществлялась с помощью стандартных статистических параметров, как по целому периоду, так и по периодам различной длины. В частности, рассматривались отрезки ряда, различающиеся степенью антропогенного воздействия на сток и климатическими параметрами.

Наличие тенденций в колебаниях временных рядов исследовались с помощью линейных трендов, а величина трансформации оценивалась градиентом изменения ( $\alpha$ ), т. е. величиной, численно равной коэффициенту регрессии ( $a$ ) линейных трендов, умноженному на 10 лет и деленному на площадь водосбора каждой реки ( $\alpha$ , л\*10/(с\*км<sup>2</sup>)).

В связи с наличием тенденций уменьшения стока выполнен сравнительный анализ изменения величин максимальных расходов воды весеннего половодья за периоды: полный период наблюдений, до 1965 года, с 1965 по 1987 г. и 1988 – 2015 гг. Для выделенных временных рядов построили гидрограф с линиями тренда (рисунок 1).

Анализируя рисунок 1, можно отметить убывающую линию тренда за полный

период наблюдений, в период с 1877 по 1965 гг., с 1965 по 1987 годы. Однако, в период инструментальных наблюдений за 1988-2015 года отчетливо выражена тенденция увеличения максимальных расходов воды весеннего половодья.



**Рисунок 1 – Гидрограф р. Припять – г. Мозырь**

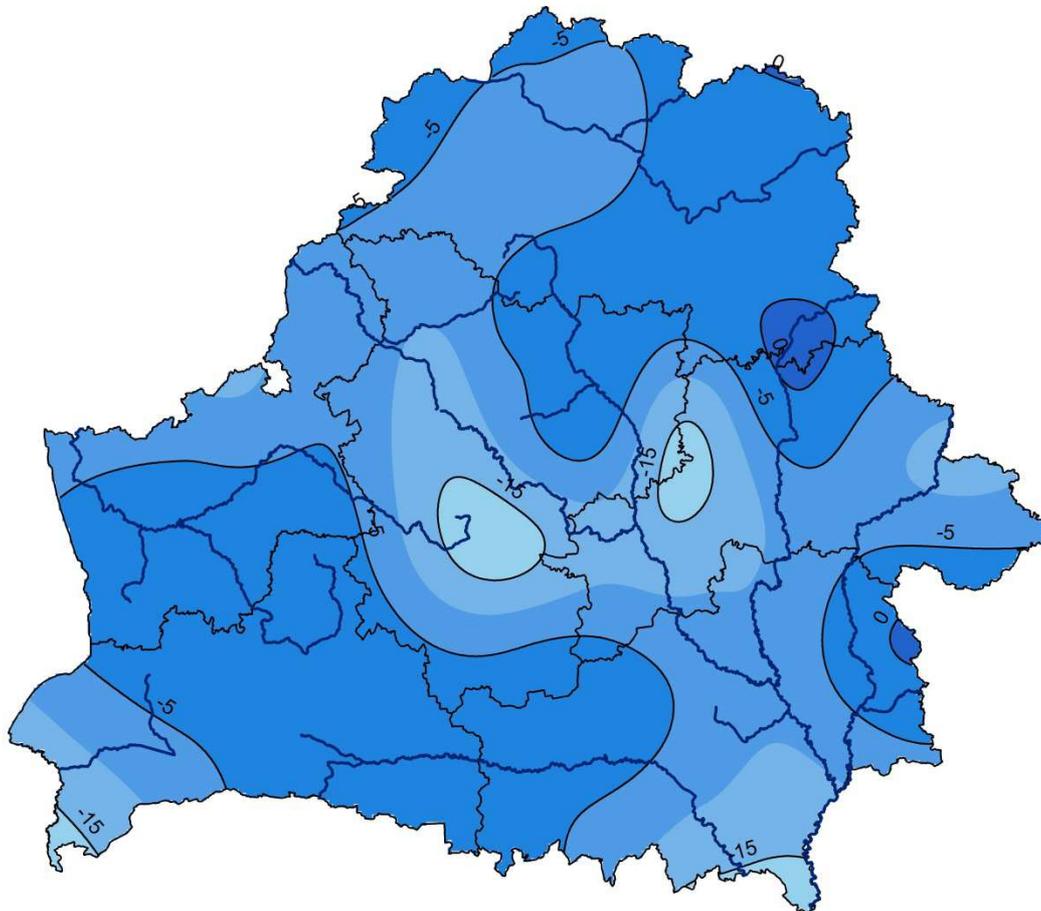
В таблице 1 приведены модуль стока и коэффициенты корреляции максимальных расходов весеннего половодья рек Беларуси за четыре выделенных нами характерных периода.

**Таблица 1 – Градиент изменения максимальных расходов воды весеннего половодья за различные периоды**

Пункт наблюдения	Полный период	До 1965 года	1966-1987	1988-2015
1	2	3	4	5
Сож - г. Гомель	$\frac{-4,67}{0,447}$	$\frac{-2,45}{0,125}$	$\frac{-12,64}{0,306}$	$\frac{0,68}{0,046}$
Уза - с. Прибор	$\frac{-8,80}{0,502}$	$\frac{-19,93}{0,398}$	$\frac{-28,92}{0,479}$	$\frac{3,93}{0,197}$
Ясельда - г. Береза	$\frac{-4,98}{0,480}$	$\frac{7,29}{0,176}$	$\frac{-19,58}{0,640}$	$\frac{-0,57}{0,141}$
Цна - с. Дятловичи	$\frac{-2,52}{0,275}$	$\frac{1,26}{0,032}$	$\frac{-10,74}{0,320}$	$\frac{-0,85}{0,083}$
Птичь - с. Лучицы	$\frac{-2,68}{0,478}$	$\frac{-2,42}{0,219}$	$\frac{-8,65}{0,498}$	$\frac{1,22}{0,121}$
Оресса - с. Андреевка	$\frac{-2,70}{0,451}$	$\frac{-4,97}{0,277}$	$\frac{-6,04}{0,449}$	$\frac{1,00}{0,144}$
Днепр - г. Речица	$\frac{-2,73}{0,506}$	$\frac{-1,25}{0,129}$	$\frac{-2,46}{0,150}$	$\frac{0,77}{0,092}$
Припять - пгт. Туров	$\frac{-0,94}{0,201}$	$\frac{-2,56}{0,247}$	$\frac{3,43}{0,149}$	$\frac{-0,06}{0,006}$
Припять - г. Мозырь	$\frac{-0,54}{0,188}$	$\frac{-0,48}{0,102}$	$\frac{-6,86}{0,398}$	$\frac{-0,35}{0,039}$
Горынь - пгт. Речица	$\frac{-3,99}{0,335}$	$\frac{-24,07}{0,234}$	$\frac{-9,79}{0,302}$	$\frac{2,89}{0,169}$
Мухавец - г. Брест	$\frac{-9,54}{0,303}$	-	$\frac{4,14}{0,042}$	$\frac{1,01}{0,160}$
Дрисса - с. Демехи	$\frac{-2,59}{0,317}$	$\frac{-4,04}{0,091}$	$\frac{0,22}{0,014}$	$\frac{5,73}{0,322}$

Примечание: в числителе -  $\alpha$ , л/с \* 10 лет/км<sup>2</sup>, в знаменателе – коэффициент корреляции.

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что практически по всей территории Белорусского Полесья наблюдается увеличение коэффициента регрессии в период с 1989 по 2015 гг. по отношению к полному периоду инструментальных наблюдений и периоду до 1989 г. По данным таблицы 1 были построены карты распределения градиента с использованием ГИС-технологий (рисунок 2).

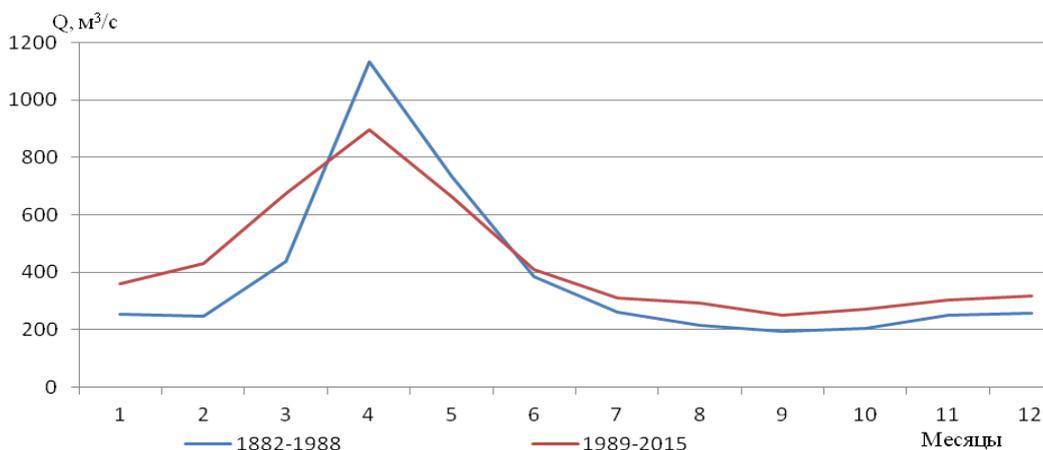


**Рисунок 2 – Пространственная структура градиента изменения максимального стока рек Белорусского Полесья, л\*10 лет/(с\*км<sup>2</sup>) за весь период наблюдений**

Аналогичные карты были построены и для остальных выделенных периодов. Анализ пространственной структуры изменения максимальных расходов воды весеннего половодья, выраженный в виде коэффициентов изменения стока, позволяет утверждать, что практически на всей территории Беларуси, в т. ч. и для Белорусского Полесья, произошло изменение стока весеннего половодья в сторону увеличения за период 1988–2015 гг.

Также можно заметить выравнивание сроков прохождения максимумов весеннего половодья на реках в целом. На территории Белорусского Полесья, вследствие частых переходов в зимнее время от отрицательных до положительных температур воздуха, наблюдаются оттепели, во время которых снежный покров практически сходит. Поэтому до начала наступления весеннего половодья, которое чаще всего случается в марте/апреле, запасы воды в снежном покрове небольшие и половодье формируется, как правило, невысокое.

В качестве примера приведем типичные гидрографы реки Припять – г. Мозырь за два характерных периода — до 1988 года и после — рисунок 3.



**Рисунок 3 – Гидрографы максимального стока воды реки Припять — г. Мозырь за два характерных периода**

Рисунок четко показывает расплывание волны половодья реки Припять со смещением его начала на более ранние сроки и уменьшением его осредненного максимума.

#### **Список цитированных источников**

1. Волчек, Ан. А. Колебания максимальных расходов воды весеннего половодья основных рек Беларуси / Ан. А. Волчек // Известия РАН. Сер. Географическая. – 2008. – № 2. – С. 1–12.

2. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата / А. А. Волчек, В. Н. Корнеев, С. И. Парфомук, И. А. Булак; под общ. ред. А. А. Волчек, В. Н. Корнеева. – Брест : Альтернатива, 2017. – 228 с.

3. Логинов, В. Ф. Причины и следствия климатических изменений. – Минск: Наука и техника, 1992. – 319 с.

4. Волчек, А. А. Оценка и прогноз изменения стока рек Беларуси с учётом адаптации к изменению климата / А. А. Волчек, В. Н. Корнеев, С. И. Парфомук // Вопросы географии / Русское географическое общество. – Москва, Сб. : 145 Гидрологические изменения / В. М. Котляков, Н. И. Коронкевич, Е. А. Барабанова – М.: Издательский дом «Кодекс», 2018. – С. 109–122.

5. Волчек, Ан. А. Колебания максимальных расходов воды весеннего половодья основных рек Беларуси / Ан. А. Волчек // Известия РАН. Сер. Географическая. – 2008. – № 2. – С. 1–12.

УДК 378.14(07)

**Марковский Р. А., Смирнова Ю. А.**

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

### **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ ГРАФИЧЕСКОГО РЕДАКТОРА AUTOCAD MEP В КУРСЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ**

Цель данной работы – проанализировать этапы проектирования вентиляционных систем AutoCAD MEP.

AutoCAD MEP – решение для проектирования инженерных систем зданий на платформе AutoCAD, позволяет значительно повысить эффективность работы благодаря использованию специализированных инструментов.

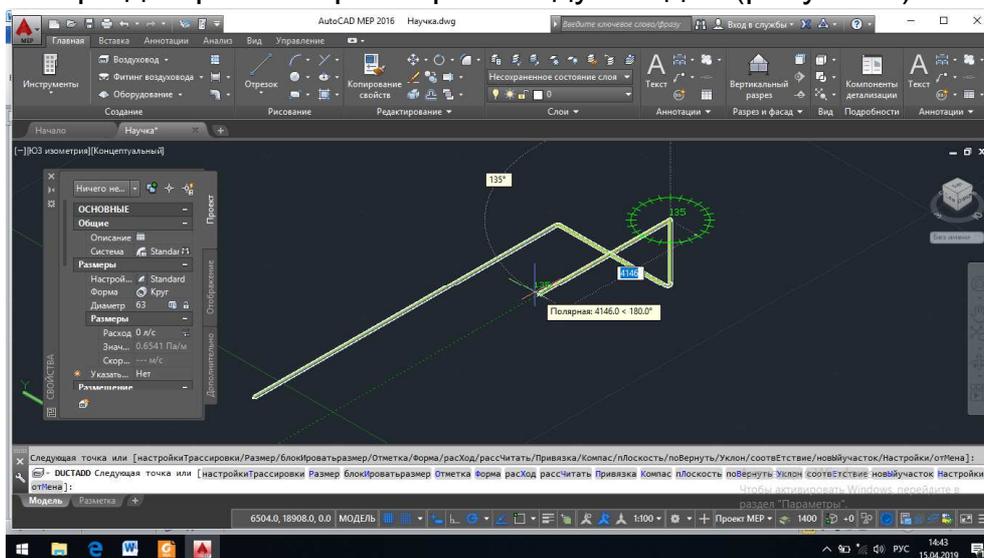
Разработка проекта вентиляционной системы начинается с установки параметров проекта. После этого приступаем к разработке систем воздуховодов и трубопроводов, создаём, определяем размеры и соединяем компоненты систем вентиляции.

После задания начальной компоновки вентиляционного оборудования можно нарисовать систему воздуховодов для соединения компонентов оборудования и создания сетей. В AutoCAD MEP [1] предусмотрены разнообразные функции, упрощающие проектирование и рисование участков воздуховодов. Тот же процесс выполняется при добавлении участков воздуховодов. В ходе предварительного проектирования трасс можно добавить воздуховоды как объекты, отображаемые в одну линию; позднее, при задании таких свойств, как тип соединения и размеры, можно изменить эти воздуховоды, сформировав из них объекты, отображаемые в две линии. Участки воздуховодов, отображаемые в одну линию, представлены одинарными линиями; участки, отображаемые в две линии, отображаются с учетом реальной геометрической формы воздуховода (даже в изометрическом представлении). Не обязательно сначала рисовать участки как элементы в одну линию; в любой момент можно нарисовать заданный воздуховод в две линии.

С помощью функции управления чертежами выполняется формализация и автоматизация процессов, связанных с проектированием инженерных систем и созданием документации. Эта функция предоставляет инструменты автоматизации, которые используются при управлении проектированием, при просмотре проекта и конструировании инженерных систем [2]. При управлении файлами проекта с помощью этой функции обеспечивается полная согласованность всех аспектов проекта, при этом каждый член конструкторской группы может использовать централизованную среду проекта для доступа к большинству текущих документов. Основой функции управления чертежами является сложная функция взаимодействия ссылок чертежей, которая расширена относительно стандартных функциональных возможностей AutoCAD, касающихся использования внешних ссылок. В рамках проекта элементы проекта связываются ссылками в конструкции, конструкции связываются в виды, а виды связываются в листы, направляемые на печать. Благодаря мощному аппарату установления связей и ссылок файлы-источники могут находиться в самых разных местах на вашем компьютере или в сети, что позволяет разным исполнителям одновременно работать над одним проектом.

Рассмотрим создание проекта вентиляционной сети.

В процессе построения можно использовать инструмент определения текущего размера для расчета размеров воздуховодов (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Моделирование воздуховода**

Объекты AutoCAD MEP содержат информацию, позволяющую им функционировать как реальные компоненты, которые ими представлены, интеллектуально взаимодействовать друг с другом и отображаться в двумерном (2D) или трехмерном (3D) контексте [3]. Объекты имеют специальные точки соединения, называемые соединителями. Они позволяют интеллектуально соединять объекты друг с другом и передавать данные, такие как форма, размер и система. Например, можно вставить в чертеж системы вентиляции камеру переменного объема воздуха, а затем прочертить воздуховод от одного из его соединителей (рисунок 2). При прочерчивании воздуховода программа определяет размер и форму соединителя камеры переменного объема воздуха и строит соответствующий сегмент воздуховода.

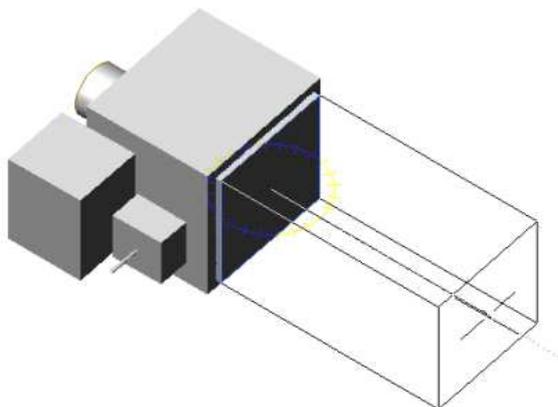


Рисунок 2 – Построение воздуховода от камеры переменного объема воздуха

Также система позволяет вставлять соответствующие фитинги-переходы при изменении размера сегмента (рисунок 3).

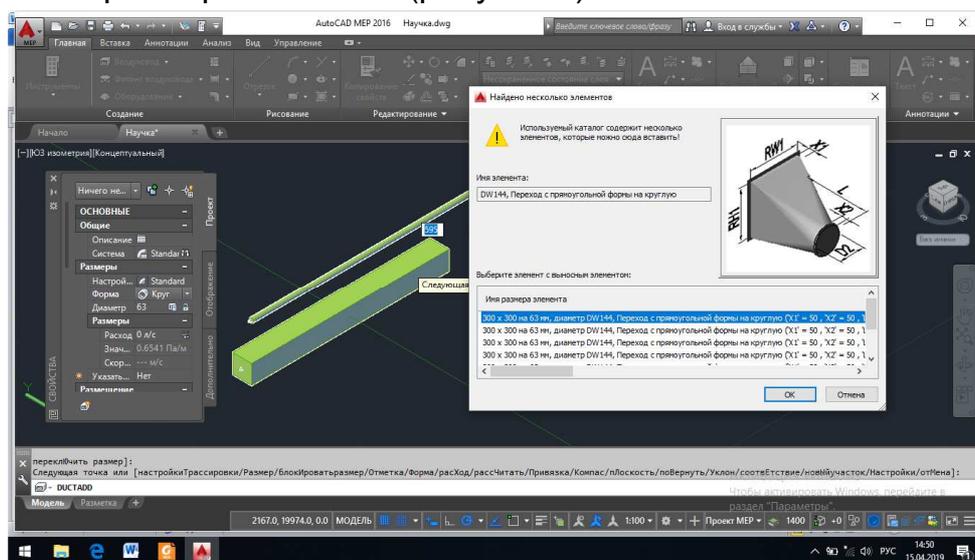
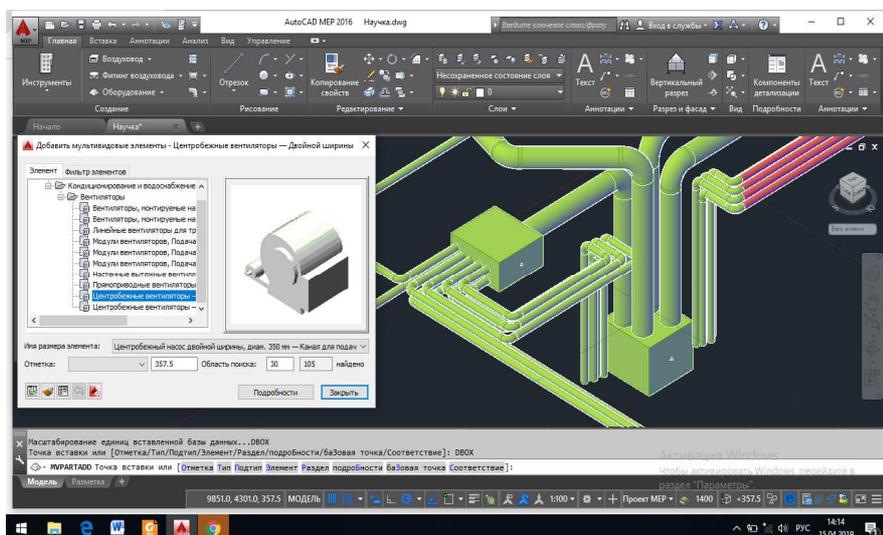


Рисунок 3 – Вставка фитинг-переходов

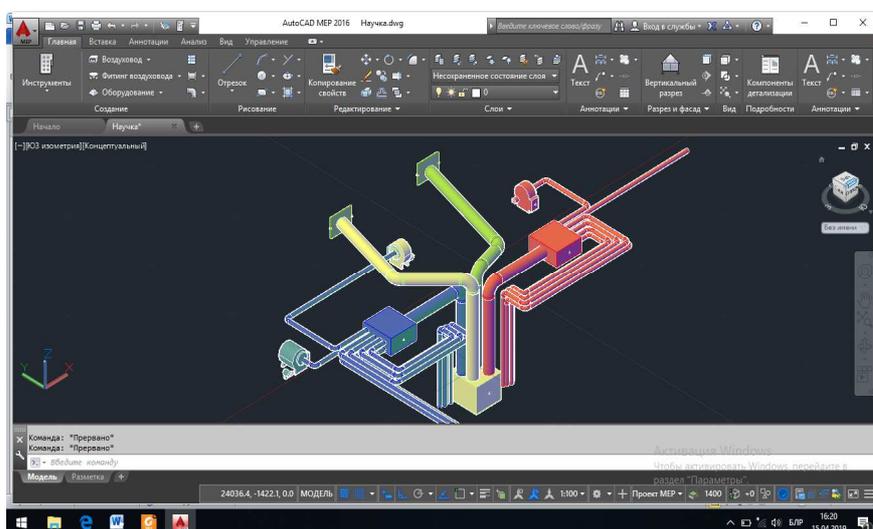
Подсоединяем участок воздуховода к оборудованию. Если рисование участка начинается или оканчивается на компоненте оборудования (многовидовом элементе), выполняется привязка начальной или конечной точки к ближайшей точке соединения на этом многовидовом элементе. Простые многовидовые элементы, например, воздухораспределители, вентиляторы и увлажнители, содержат только одну точку соединения [4]. Однако многие из более сложных многовидовых элементов, например, резервуары и насосы, содержат несколько точек соединения. Разные точки соединения одного и того же многовидового элемента могут даже принадлежать к разнородным системам; например, на котле предусмотрены точки соединения как для воздуховодов, так и для труб (рисунок 4).



**Рисунок 4 –  
Подсоединение  
оборудования**

В итоге получаем трёхмерный проект вентиляционной системы. Это гибкая модель, изменения в одном из параметров автоматически ведут к преобразованию системы в целом (рисунок 5).

**Рисунок 5 – Трёхмерная модель системы вентиляции**



Таким образом, применение AutoCAD MEP в курсе инженерной графики оказывается достаточно эффективным, позволяя использовать навыки моделирования вентиляционных систем для дальнейшей работы в курсовом и дипломном проектировании.

### **Список цитированных источников**

1. Руководство Пользователя по программному продукту AutoCad 2009 MEP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://forum.dwg.ru/showthread.php?t=24740>. – Дата доступа: 12.02.2019.
2. Ефремов, Г. В. Инженерная и компьютерная графика на базе графических систем / Г. В. Ефремов, С. И. Ньюкалова. – М.: ТНТ, 2014. – 256 с.
3. Цеван, А. В. Оптимизация методов проектирования воздуховодов / А. В. Цеван, Р. А. Марковский // Проблемы водохозяйственного строительства и охраны окружающей среды : сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов : в 2 ч. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: В. С. Рубанов (гл.ред.) [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2017. – Ч. 1. – С. 52–54.
4. Марковский, Р. А. Комплексные задачи проектирования вентиляционной системы / Р. А. Марковский, Д. А. Рогальский // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов : в 2 ч. / Брест. гос. техн. ун-т ; под ред. Н. Н. Шалобыты [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2018. – Ч. 1. – С. 36–38.

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОДДЕРЖАНИЯ КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ МИКРОКЛИМАТА СПОРТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ПОМОЩИ СРЕДСТВ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

Эффективность поддержания параметров микроклимата в помещениях современных зданий является основополагающим критерием при проектировании систем вентиляции и кондиционирования воздуха, который определяет качество организации состояния воздушной среды. Предусматриваемая стабильность параметров микроклимата помещений современных зданий (температура, влажность, скорость движения воздуха внутри помещения и т. д.) является одним из ключевых факторов, формирующих благоприятные условия для выполнения регламентированного вида работ или иной деятельности человека в требуемом временном диапазоне. При создании системы кондиционирования, в максимальной степени удовлетворяющей все необходимые требования по обеспечению комфортных условий, наиболее актуальным становится вопрос экономической целесообразности расходов, учитывая стоимость и количество используемых комплектующих, что зачастую приводит к поиску более дешёвых решений [1].

С целью обеспечения спортивного зала г. Барановичи оптимальными параметрами микроклимата была разработана система кондиционирования воздуха.

Параметры наружного воздуха при проектировании спортивного зала в городе Барановичи имеют следующие значения (см. таблицу 1) [2]:

**Таблица 1 – Расчетные параметры наружного воздуха**

Период года	Температура $t_n$ , °C	Удельная энтальпия $I_n$ , кДж/кг	Скорость ветра $v$ , м/с
Теплый	24,5	49,2	3,3
Холодный	-22	-21	4,8

С целью уменьшения затрат на тепло- и холодоснабжение системы кондиционирования воздуха расчетную температуру и относительную влажность воздуха в помещении следует принимать для теплого периода года максимальные, для холодного – минимальные из диапазона оптимальных значений. Расчетные параметры внутреннего воздуха приведены в таблице 2 [2, 3].

**Таблица 2 – Расчетные параметры внутреннего воздуха**

Период года	Температура $t_v$ , °C	Относительная влажность $\phi_v$ , %	Скорость движения воздуха $u_v$ , м/с
Теплый	25	60	0,3
Холодный	20	30	0,2

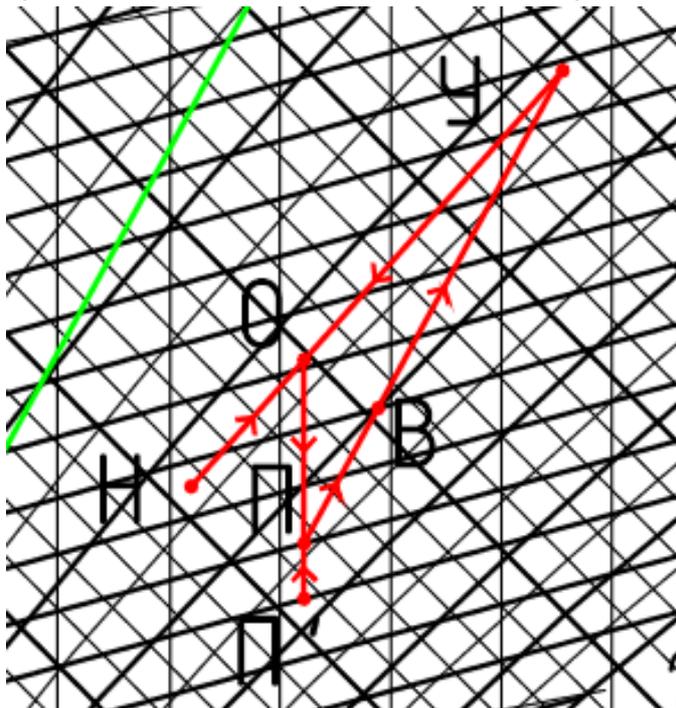
Выбор наиболее рациональной системы кондиционирования с точки зрения баланса затрат и требуемых параметров необходимо производить при помощи построения процессов обработки воздуха на i-d диаграмме [4]. Схемы обработки воздуха могут быть следующего характера: прямоточные, учитывая управляемые процессы, с использованием рекуператора, с использованием одной или двух рециркуляций, с использованием байпаса.

Характерные точки:

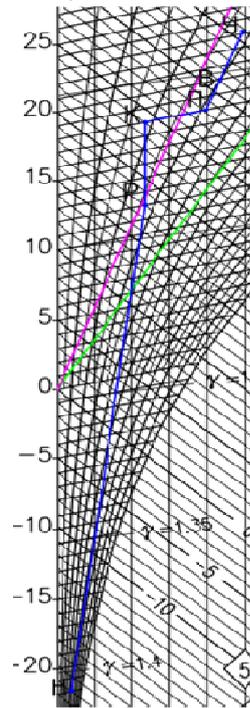
- Точка Н — параметры наружного воздуха;
- Точка В — параметры воздуха в обслуживаемой зоне;
- Точка П — параметры приточного воздуха;
- Точка У — параметры удаляемого воздуха.

Для тёплого периода принимаем процесс обработки воздуха с первой рециркуляцией и фреоновым охладителем (см. рисунок 1).

Для холодного периода принимаем процесс обработки воздуха с роторным рекуператором, калорифером и пароувлажнителем (см. рисунок 2).

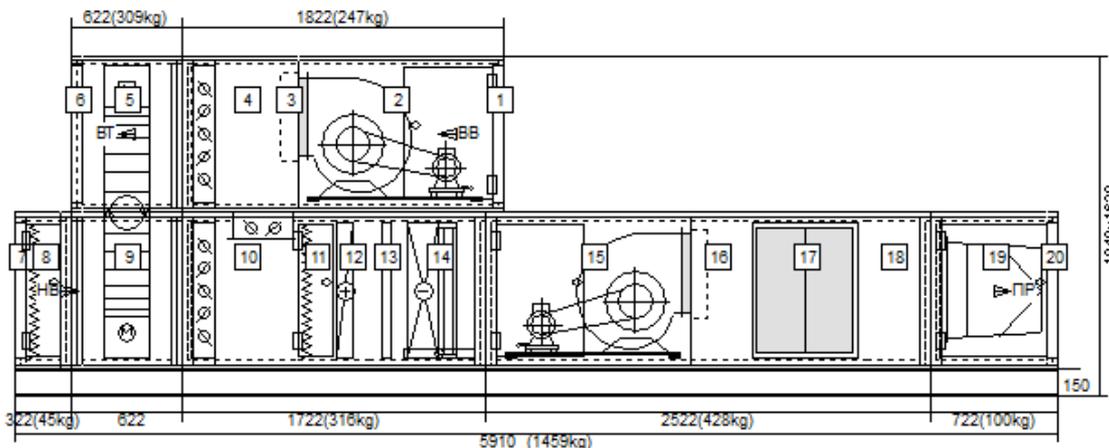


**Рисунок 1 – Процесс обработки воздуха в тёплый период**



**Рисунок 2 – Процесс обработки воздуха в холодный период**

По данным процессам была принята приточно-вытяжная установка PR 090 (см. рисунок 3). Расчётная стоимость установки составляет 71820 Br.



**Рисунок 3 – Приточно-вытяжная установка PR 090**

Для формирования потребностей по затратам необходимо учитывать стоимость воздуховодов для расчётного помещения (таблица 3, 4).

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

Помещение	Размер сечения, мм	Длина участка, м	Материал	Толщина стали, см	Площадь, м <sup>2</sup>	Стоимость, Br
Спортивный зал	450	40,38	Оцинкованная сталь	0,5	57,09	824
	630	40,22			79,6	1150
	1000x560	2,82			8,74	155
	1120	4,88			17,17	248
<b>Итого</b>						<b>2377</b>

**Таблица 4 – Расчет стоимости воздуховодов для расчётного помещения (Вытяжная система)**

Помещение	Размер сечения, мм	Длина участка, м	Материал	Толщина стали, см	Площадь, м <sup>2</sup>	Стоимость, Br
Спортивный зал	200	14	Оцинкованная сталь	0,5	8,8	128
	355	21			23,42	339
	500	15			23,56	341
	710	25			55,75	825
<b>Итого</b>						<b>1633</b>

Общие расходы на систему воздуховодов расчётного помещения составляют (без учёта на транспортировку и монтаж):

$$N_{\text{общ}}^{\text{в}} = 2377 + 1633 = 4010 \text{ Br.}$$

Расчёт стоимости приточных и вытяжных воздухораспределителей сведён в таблицу 5.

**Таблица 5 – Расчет стоимости воздухораспределителей для расчётного помещения**

Помещение	Вид воздухораспределителей	Название модели	Количество	Стоимость, Br
Спортивный зал	Приточные	DHCe 800-3V	4	340
	Вытяжные	EXCa 200-F	8	180
<b>Итого</b>				<b>520</b>

В конечном итоге, стоимость системы кондиционирования спортивного зала составляет:

$$N = N_{\text{общ}}^{\text{в}} + N_{\text{общ}}^{\text{б}} + N_{\text{общ}}^{\text{р}} = 71820 + 4010 + 520 = 76350 \text{ Br.}$$

Реальный ценовой показатель системы находится значительно выше ввиду невозможности объективного учёта транспортировочных, монтажных, наладочных и иных видов работ.

Помимо этого, необходимо учитывать эксплуатационные затраты системы кондиционирования. К ним относятся:

- затраты на использование водяного теплоносителя, который применяется в процессе работы теплообменников;
- затраты на электроэнергию, используемую при работе вентиляторов, калорифера.

Учитывая значительную стоимость системы, а также дополнительные затраты при эксплуатации, срок окупаемости объекта проектирования отдалается. Однако вопрос экономической целесообразности системы следует рассматривать в долгосрочной перспективе с учётом рекуперативных возможностей. В данной связи, несмотря на существенную разницу в стоимости комплектующих, при рассмотрении систем кондиционирования и вентиляции, процесс окупаемости системы кондиционирования происходит в ускоренном темпе ввиду полезной утилизации теплоты удаляемого воздуха посредством использования ротационного рекуператора. Исходя из этого, такая система становится наиболее выгодной в условиях высоких тарифов на электроэнергию и водопользование.

#### **Список цитированных источников**

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

## РЕЗУЛЬТАТ РАБОТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА В ПРОГРАММЕ CORIGA E TOOL VENTILATION

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.

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 и влажности воздуха, нагреваемого 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	φпр	tвыт	tp	η, %	Q, кВт
1	0	7,4	12,7	48,4	16,1	10,6	60,8	2,7
2	0,5	7,4	12,5	49,2	16,1	10,3	59,0	2,7
3	1,0	7,4	12,2	49,4	16,0	10,2	56,1	2,5
4	1,5	7,4	12,1	49,9	15,8	9,9	56,1	2,4
5	2,0	7,4	12,0	51,3	15,8	9,7	54,2	2,4
6	2,5	7,4	11,8	51,1	15,7	9,7	53,6	2,3
7	3,0	7,4	11,8	52,7	15,7	9,6	53,6	2,3
8	3,5	7,4	11,7	52,7	15,8	9,4	50,7	2,2
9	4,0	7,4	11,7	52,3	15,7	9,4	51,7	2,2
10	4,5	7,4	11,6	52,5	15,7	9,3	50,2	2,2
11	5,0	7,4	11,6	53,1	15,6	9,1	50,6	2,2
12	5,5	7,4	11,4	53,0	15,6	9,1	48,3	2,1
13	6,0	7,4	11,4	53,3	15,6	9,0	48,3	2,1
14	6,5	7,4	11,2	65,3	15,6	9,0	46,7	2,0
15	7,0	7,4	11,5	66,9	15,6	9,0	50,5	2,2
16	7,5	7,4	11,6	58,8	15,6	9,0	50,6	2,2
17	8,0	7,4	11,6	54,3	15,6	8,9	50,6	2,2
18	8,5	7,4	11,3	53,1	15,6	8,9	47,9	2,0
19	9,0	7,4	11,3	53,3	15,6	9,0	47,9	2,0
20	9,5	7,4	11,2	53,1	15,6	8,9	46,3	2,0
21	10,0	7,4	11,2	53,4	15,6	8,9	46,3	2,0
22	10,5	7,4	11,0	53,3	15,6	8,9	44,4	1,9
23	11,0	7,4	11,0	53,9	15,5	8,9	44,9	1,9
24	11,5	7,4	11,0	54,3	15,6	8,8	44,4	1,9
25	12,0	7,4	11,0	54,1	15,6	8,7	44,4	1,9

H	B
t=7,4	t=15,3
φ=45,7%	

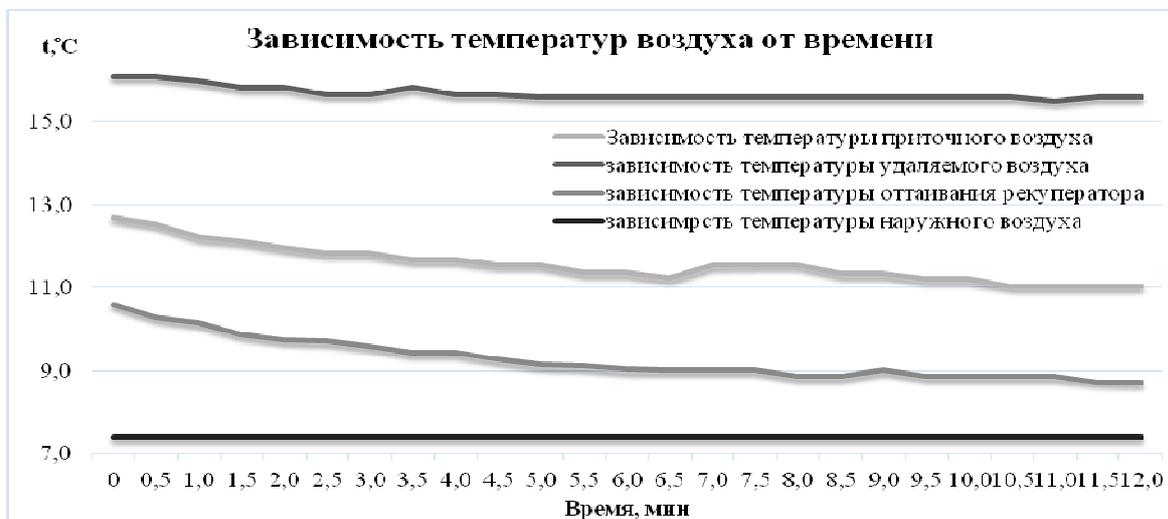
По полученным данным построим графики зависимости КПД от времени, температуры приточного, удаляемого воздуха и оттаивания рекуператора от времени, Q от времени для каждого измерения.



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



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



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



**Рисунок 4 – Графики зависимости температур воздуха от времени в программе Coriga E Tool Ventilation. Version 3.6**

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 вначале больше, а затем стабилизируется, т. е. рекуператор начал работать в нормальном режиме. То же самое происходит и с КПД.

**Вывод:** в ходе изучения работы пластинчатого рекуператора в составе центрального промышленного кондиционера сравнили опытный КПД и КПД из паспорта и выяснили, что рекуператор работает в оптимальном режиме. Это подтверждает тот факт, что при наружной температуре  $t_{нар}=7,4^{\circ}\text{C}$  опытный КПД и КПД из паспорта приблизительно одинаковы и равны 50%.

УДК [691.535:693.554]:666.193.2

**Пархомук И. П., Филюк Д. В.**

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

## **ЗАВИСИМОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТ ВЫСОТЫ ПОМЕЩЕНИЯ ПРИ ВЕНТИЛЯЦИИ ВЫТЕСНЕНИЕМ И ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ**

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. Эффективность работы таких систем, их технико-экономические характеристики во многом зависят от принятых схем.

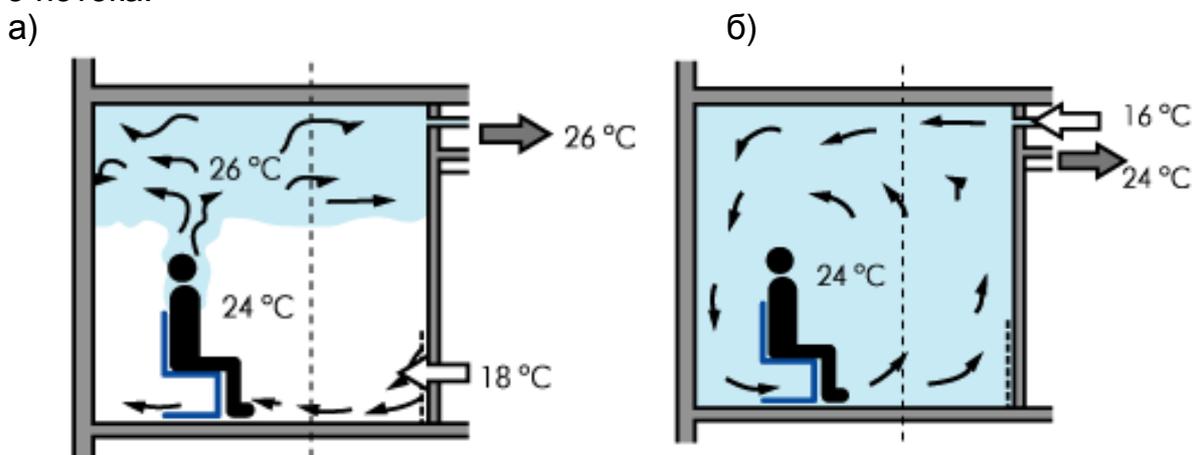
Подача воздуха без образования сквозняков и застойных зон, обеспечение требуемых значений параметров и чистоты (качества) воздуха в помещении являются одними из важных задач, которые требуется решить при проектировании систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Для достижения высокой эффективности системы вентиляции или кондиционирования воздуха необходимо правильно подбирать воздухораспределители (приточные и вытяжные), подходящие для данного конкретного проекта.

Различают два основных способа (схемы организации воздухообмена) вентиляции зданий:

- вентиляция вытеснением;
- вентиляция перемешиванием.

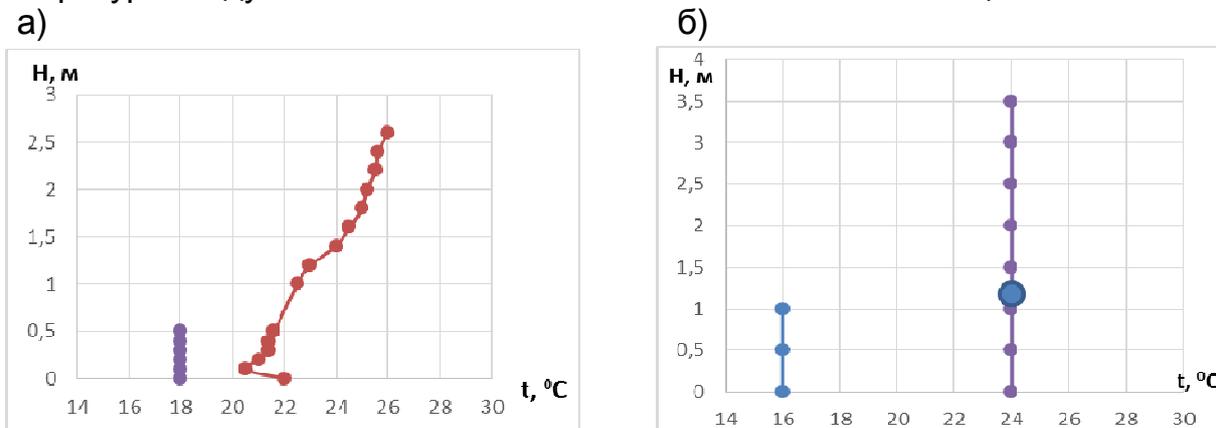
Вентиляция вытеснением представляет собой наиболее эффективный метод, традиционно используемый при вентиляции объектов различного назначения. Кроме того, данный метод вентиляции нашел широкое применение в так называемых системах комфортной вентиляции. При правильно рассчитанной схеме этот метод позволяет эффективно удалять излишки тепловыделений и достигнуть максимальной эффективности вентиляции.

При вентиляции перемешиванием приточный воздух одним или несколькими потоками подается в рабочую зону, вовлекая в движение большое количество воздуха внутри помещения. Рабочая зона лежит в зоне возвратного потока, где скорость воздуха составляет 70% от скорости основного воздушного потока.



**Рисунок 1 – Схема вентиляции перемешиванием (а) и вытеснением (б)**

На рисунках 1–2 представлены типичные схемы и графики распределения температуры в помещениях с вытесняющей и перемешивающей системами вентиляции. Особенность вытесняющей вентиляции состоит в том, что температура повышается от пола к потолку. Особо следует подчеркнуть, что температура воздуха на уровне пола выше температуры его поверхности, что обусловлено перемешиванием приточного воздуха с воздухом помещения и радиационным теплообменом между потолком и полом. Что касается вентиляции перемешивания, то температура воздуха остается постоянной по всей высоте помещения.



**Рисунок 2 – График зависимости температуры от высоты помещения при вентиляции вытеснением (а) и перемешиванием (б)**

Вертикальный градиент температуры воздуха в помещении не должен превышать 1,5-2 °С, что фактически ограничивает разность температур между зоной обслуживания, нижней зоной и верхней зоной вытяжки. При определенной температуре воздуха в обслуживаемой зоне температура приточного воздуха (при вытесняющей вентиляции) не может быть низкой, как это происходит в системах перемешивающей вентиляции. В помещениях с потолками высотой около 2,4 м разность температур составляет примерно 2 °С. В помещениях с более высокими потолками это значение может повышаться.

Вопрос, какую вентиляционную систему предпочесть для помещений высотой от 2,5 до 3 м, где основной вредностью являются тепловыделения, представляется достаточно спорным. Несомненно, однако, что для помещений с высокими потолками предпочтительной является система вытесняющей вентиляции.

### Список цитированных источников

1. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. Б. М. Хрусталева – М.: Изд-во АСВ, 2007. – с. 2.; Бетоны напрягающие. Технические условия: СТБ 2101-2010. – Введ. 01.01.2011 – Минск: Госстандарт, 2011. – 20 с.

2. Фильчакина, И. Н. Инженерная методика расчёта теплового баланса локальной системы технологического кондиционирования воздуха по типу вытесняющей вентиляции / И. Н. Фильчакина, А. И. Ерёмкин // Проблемы энергосбережения и экологии в промышленном и жилищно-коммунальном комплексах: Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза, 2011. – С. 77–81.

3. Лимонтов, И. А. Достоинства и преимущества вытесняющей вентиляции. – М.: Журнал СОК (Сантехника, Отопление, Кондиционирование). – № 8. – 2013.

УДК [691.535:693.554]:666.193.2

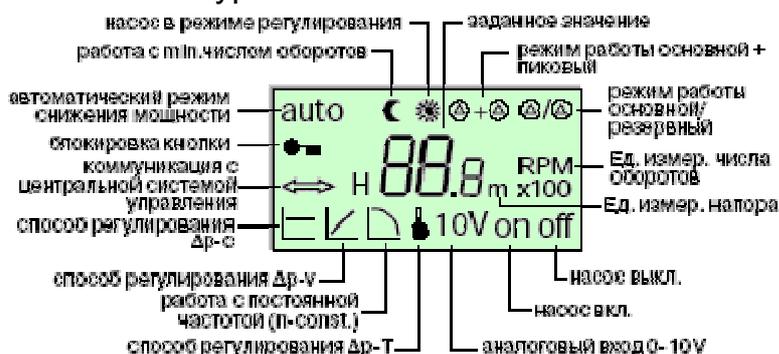
**Пархомук И. П., Филюк Д. М.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Сопин Ю. Ю.**

## АНАЛИЗ РАБОТЫ НАСОСА WILO С ПЧТ

В наше время вопросам энергосбережения уделяется особое внимание, так что в новые отопительные системы нерегулируемые устройства практически не устанавливаются. Использование регулируемых устройств позволяет:

- изменять в любой момент времени частоту вращения ротора, например, для экономии энергии ночью устройство само сбрасывает обороты;
- задать любой режим работы вручную, это полезно в случае, если хозяин планирует отлучиться на пару дней из дома. В таком случае отопления можно оставить на минимальном уровне.



**Рисунок 1 – Основная информация по регулировке насоса**

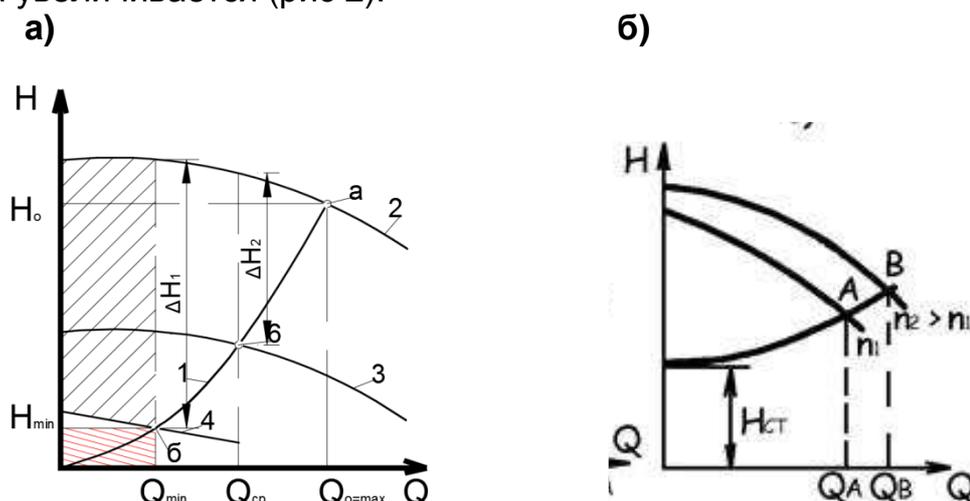
Значительное количество гидросистем работает в режиме с переменной нагрузкой, т. е. расход воды изменяется во времени в зависимости от неких возмущающих воздействий. В этом случае насосное оборудование выбирается из условий обеспечения максимального расхода, а регулирование осуществляется способом дросселирования, единственным при нерегулируемом электроприводе.

Несмотря на то, что применяется только один способ регулирования, расход воды может меняться по инициативе потребителя или принудительно со стороны насоса.

Для того, чтобы изменить режим работы насоса, следует изменить либо характеристику сети, либо характеристику насоса. Характеристикой сети называется зависимость потребного напора от расхода жидкости. Геометрический напор  $H_T$  и давления  $P_I$  и  $P_{II}$  от расхода обычно не зависят. Гидравлические потери зависят от расхода.

Суть регулируемого электропривода насоса – создание на выходе насоса требуемого напора путём изменения частоты вращения рабочего колеса. При таком способе регулирования каждому значению частоты вращения соответствует своя  $Q-H$  характеристика, параллельная паспортной (рис.1).

При увеличении частоты вращения напор насоса увеличивается, его характеристика смещается вверх, и точка пересечения характеристик насоса и сети перемещается по характеристике сети вправо из А в В. При этом подача насоса увеличивается (рис 2).



**Рисунок 2 – Регулирование расхода гидросистемы применением регулируемого электропривода (а); характеристики насоса и сети (б)**

Для режима с расходом  $Q_{min}$  полезно потребленная мощность  $N$ , отдаваемая в гидросистему при любом способе регулирования, пропорциональна площади прямоугольника со сторонами  $0-H_{min}$ ,  $0-Q_{min}$  (штриховка с наклоном вправо):

$$N = H_{min} \cdot Q_{min} . \quad (1)$$

Потребляемая электрическая мощность зависит от способа регулирования

- регулируемый электропривод:

$$P_{p\partial} = \frac{H_{min} \cdot Q_{min}}{\eta_{нас} \cdot \eta_{\partialв}} . \quad (2)$$

Ознакомимся с устройством работы центробежного насоса WILO TYP MHI 403-1/E/3-2-2G и правилами его эксплуатации. Испытаем насос и установим экспериментальные зависимости напора, мощности и КПД от подачи жидкости при и переменной скорости вращения рабочего колеса.

Для данного режима работы центробежного насоса определим: подачу насоса:

$$Q = \frac{u \cdot t}{\pi \cdot d_n} \quad (3)$$

Скорость движения воды в нагнетельном патрубке,  $d_n=0,025$  м:

$$u_n = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_n} \quad (4)$$

Скорость движения воды в всасывающем патрубке,  $d_b=0,1$  м:

$$u_b = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_b} \quad (5)$$

Напор насоса,  $z_n=1,12$  м,  $z_b=0,35$  м:

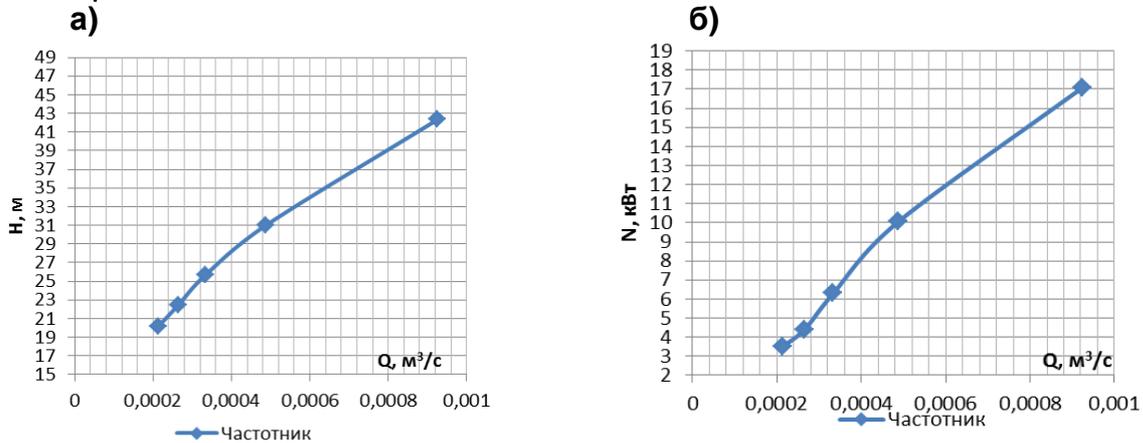
$$H = \frac{P_n \cdot P_b}{\rho \cdot g} + z_n - \frac{u_n^2 + u_b^2}{2 \cdot g} + z_b \quad (6)$$

Результаты вычислений заносим в таблицу 1.

**Таблица 1 – Регулирование расхода с помощью пчт**

№	Расход Q, м <sup>3</sup> /с	P <sub>вых</sub> , Па	P <sub>вх</sub> , Па	N <sub>измер</sub> , Вт	u <sub>н</sub> , м/с	u <sub>в</sub> , м/с	H, м	n, оборот/мин
1	0,000925	400000	6000	17,1	1,88535	0,117834	42,3368	3700
2	0,0004875	290000	6000	10,05	0,993631	0,062102	30,9934	3000
3	0,000333333	240000	4000	6,3	0,679406	0,042463	25,666	2800
4	0,000265	210000	3000	4,4	0,540127	0,033758	22,4973	2700
5	0,000213	190000	0	3,5	0,43414	0,027134	20,1476	2600

Построим характеристики центробежного насоса  $H_{\text{част.}} = f(Q)$ ;  $N_{\text{част.}} = f(Q)$ . Для построения характеристик на график нанесем точки, соответствующие исследованным режимам работы насоса, и по этим точкам проведем осредненные кривые.



**Рисунок 3 – Зависимость  $H_{\text{част.}}=f(Q)$  (а),  $N_{\text{част.}}=f(Q)$  (б)**

Таким образом, применение регулируемого электропривода является эффективным энергосберегающим мероприятием при переменном расходе воды в гидросистеме, а также во всех случаях, когда напор насоса превышает требуемую величину.

#### Список цитированных источников

1. Лезнов, Б. С. Частотно-регулируемый электропривод насосных установок. – М.: Машиностроение, 2013. — 176 с., ил.
2. Крылов, Ю. А. Энергосбережение и автоматизация производства в теплоэнергетическом хозяйстве города. Частотно-регулируемый электропривод: учебное пособие. – СПб.: Из-во «Лань», 2013. – 176с., ил.

## ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА ПО ТЕРРИТОРИИ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

### Введение

Все чаще на территории Беларуси и Брестской области, в частности, наблюдается рост среднегодовой температуры воздуха. Согласно отчету Всемирной метеорологической организации (ВМО), 2015 год – самый теплый год за всю историю наблюдений, со средней годовой температурой  $+8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , превысившей норму на  $2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Лето 2010 г. стало самым теплым за весь период наблюдений: средняя температура воздуха за летний сезон наблюдалась  $+20,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , превысив климатическую норму на  $3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Не менее рекордным 2010 г. был по числу жарких дней, по продолжительности периода жары и абсолютной температуре воздуха. Август 2010 г. побил абсолютный рекорд температуры воздуха Беларуси, который удерживался 65 лет. В г. Бресте 09.08.2010 г. отмечена максимальная за год температура воздуха ( $+36,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) [1]. Таким образом, вопрос изменения температуры воздуха в современных условиях является актуальным.

### Исходные данные и методы исследования

Основными исходными материалами при изучении максимальных температур воздуха за многолетний период с 1950 по 2013 гг. послужили данные метеорологических ежемесячников климатического кадастра Государственного учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» по метеостанциям Брестской области.

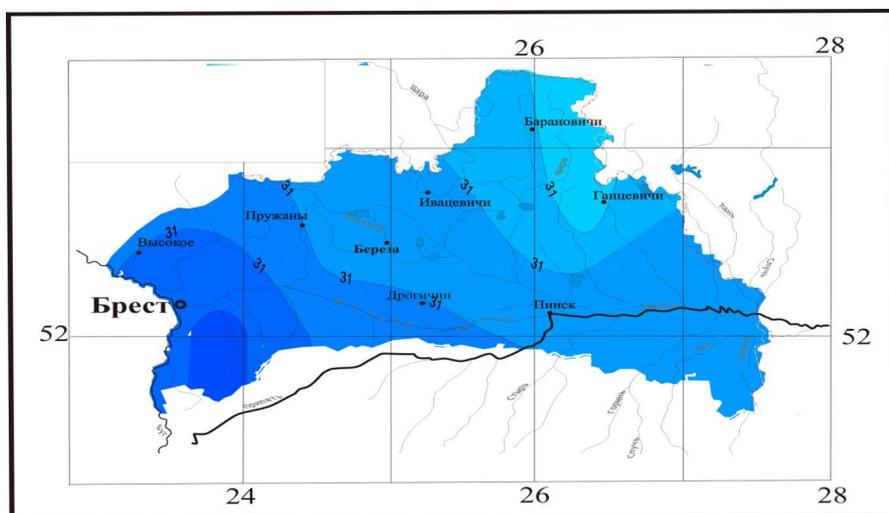
Для обработки данных и построения диаграмм использовались стандартные статистические методы. Применялся метод описания для расшифровки графиков. Для анализа пространственного распределения температуры воздуха были построены карты.

В данной работе проводится сравнительный анализ максимальных месячных температур за период с 1950 по 2013 гг. по метеостанциям Брестской области. Данные были разбиты на группы: метеостанции северной части Брестской области - Ивацевичи, Пружаны, Ганцевичи, Барановичи, метеостанции южной части - Брестская, Пинская, Полесская, Высокое. Для оценки влияния современного потепления исходные данные были разбиты на 2 периода 1950-1987 гг., 1988-2013 гг.

### Обсуждение результатов

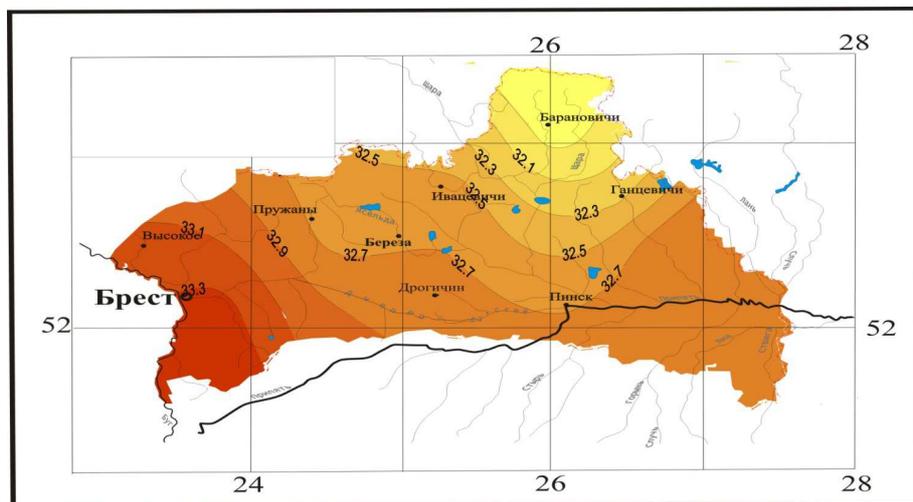
Пространственный анализ распределения максимальной температуры воздуха теплового периода за 1950-1987 гг. и 1988-2013 гг. показал, что макси-

мальные температуры наблюдаются на юго-западе Брестской области, несколько ниже температуры – на севере (рисунки 1-2).

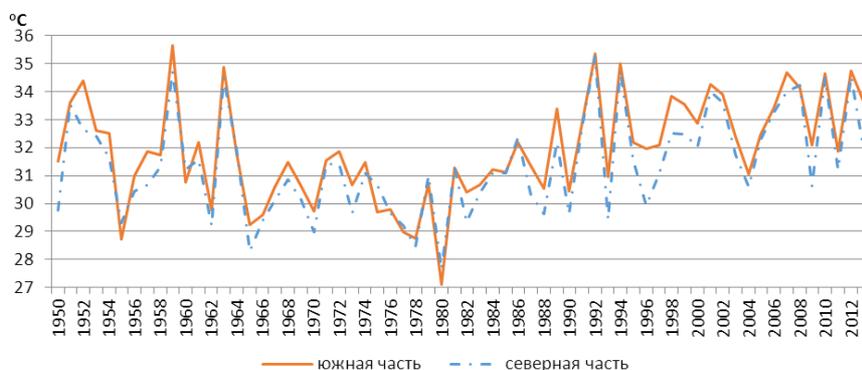


**Рисунок 1 –  
Максимальные  
температуры  
теплого периода  
за 1950-1987 гг.**

**Рисунок 2–  
Максимальные  
температуры  
теплого периода  
за 1988-2013 гг.**



Временной анализ изменения максимальных температур воздуха теплого периода по Брестской области показал, что на юге температуры незначительно выше, чем на севере (рисунок 3). С конца 80-х годов XX в. на юге температуры незначительно выросли по сравнению с северными территориями.

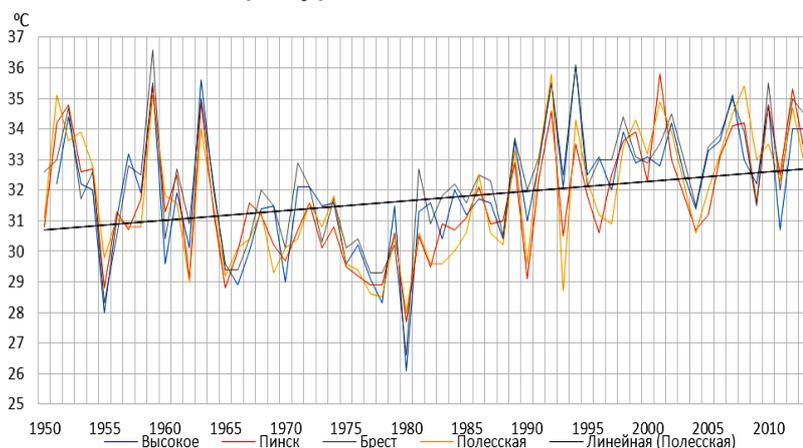


**Рисунок 3 –  
Максимальные  
температуры  
теплого периода**

Несмотря на небольшие размеры территории Брестской области температуры заметно варьируют. Например, в 2007 году между метеостанциями Барановичи и Ганцевичи разница температур воздуха составила 2,2°C, а в 2008 году температура отличалась на 0,1°C. Таким образом, наблюдается тенденция повышения температуры в последние годы.

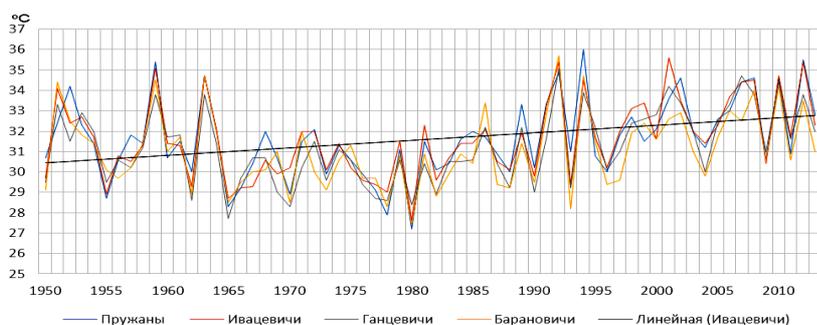
Несмотря на небольшие размеры территории Брестской области температуры заметно варьируют. Например, в 2007 году между метеостанциями Барановичи и Ганцевичи разница температур воздуха составила 2,2°C, а в 2008 году температура отличалась на 0,1°C. Таким образом, наблюдается тенденция повышения температуры в последние годы.

**Рисунок 4 –  
Максимальные  
температуры  
теплого периода  
по метеостанциям  
южной части**



В северных районах температура на 1–2°C ниже, чем в южных, в то же время наблюдается устойчивая тенденция к росту температуры (рисунок 5).

Не так давно в Беларуси начала формироваться новая климатическая зона. Ее территория проходит через Брестскую область. В последние годы расширяются площади под посевы кукурузы, бахчевых и других культур. Мониторинг температур (средних, максимальных или минимальных) в Брестской области необходим для решения различных вопросов в реальном секторе экономики.



**Рисунок 5 –  
Максимальные  
температуры  
теплого периода по  
метеостанциям  
северной части**

#### **Список цитированных источников**

1. Климат Республика Беларусь в 2015 году / Под редакцией М. Г. Герменчук–Минск, 2016. – 32 с.

УДК 628.316

**Самусик А. А.**

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

### **СИСТЕМА ВОДООТВЕДЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД г. БРЕСТА**

**Введение.** Город представляет собой особую в экологическом отношении среду, отличную от естественной природной среды, характерной для данного региона. Широко известными проблемами городской территории являются тепловое загрязнение, загрязнение воздуха, проблема утилизации твердых отходов и коммунальных сточных вод. В последнее время все больше уделяется внимание также на проблему поверхностного стока, формируемого на территории города. Во-первых, современный город представляет собой среду со значительным процентом непроницаемых для атмосферной влаги покрытий (покрытия дорог и тротуаров, стоянок автотранспорта и промышленных территорий, крыш зданий). Это приводит к тому, что объем поверхностного стока, формируемого на территории города, значительно превышает объем поверхностного стока, формируемого в естественных ландшафтах, где существенная часть влаги впитывается в почву, а также расходуется растениями. Измененный гидрологический режим города может производить в 5 раз больше поверхностного стока, чем, например, эквивалентная территория, занятая лесом. Во-вторых, поверхностный сток на урбанизированной территории в процессе своего формирования накапливает значительное количество примесей. Поверхностный сток с территории города по загрязненности сравним с коммунальным стоком.

**Цель и задачи.** Целью настоящей научно-исследовательской работы является изучение системы водоотведения поверхностных сточных вод г. Бреста. Была поставлена задача изучить передвижение водного потока через город Брест, изменение качественных и количественных характеристик воды, используемой жителями города Бреста.

**Объект исследования.** Объектом исследования является природная вода. Природная вода представляет собой сложную гетерогенную систему, содержащую разнообразные мелко- и крупнодисперсионные, коллоидно-растворенные, газообразные и истинно-растворенные вещества [3] и является электролитом, так как растворенные в ней газы, минеральные и органические вещества в той или иной степени диссоциированы на ионы, а коллоидные и взвешенные вещества в большинстве случаев несут определенный заряд.

Качество природных водных источников определяется по наличию в ней веществ неорганического и органического происхождения, а также микроорганизмов и характеризуется различными физическими, химическими, бактериологическими показателями. В процессе антропогенного использования состав природной воды резко изменяется.

**Основная часть.** Современная улица города Бреста представляет собой сложное инженерное сооружение, в состав которого входит подземное, наземное и надземное оборудование, непосредственно связанное с движением транспорта и пешеходов, благоустройством и внешним видом улицы. Обязательным элементом оборудования являются устройства по отводу поверхностных и грунтовых вод [1].

Основным принципом водоотвода в городах является направление поверхностных вод со всех территорий города к улицам. Поэтому улицы следует рассматривать как сборные и отводящие каналы поверхностных вод. Под организованным водоотводом подразумевается организация стока дождевых и талых вод, включающая:

- организацию стока воды по городской территории;
- отведение собранных поверхностных вод в водоемы или другие места за пределами городских территорий;
- очистку наиболее загрязненной части поверхностного стока.

Для отвода поверхностных вод строят водосточные сети. Грунтовые воды отводятся с помощью дренажных систем.

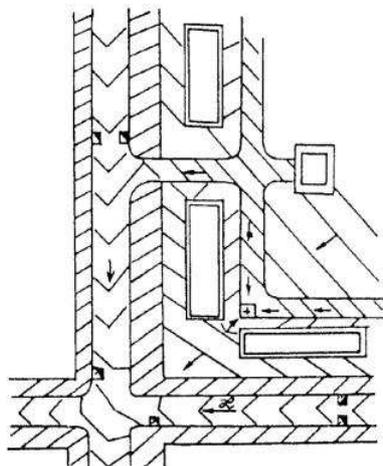
Поверхностный сток образуется дождевыми и талыми водами, а также водой от поливки и мойки улиц. При этом дождевые (ливневые, обложные) осадки в городах дают сток при слое осадков более 2 мм ввиду наличия значительных по площади водонепроницаемых покрытий (покрытий дворов, проезжей части улиц, крыши домов).

Организация стока поверхностных вод преследует цель сбора и удаления с территории города и улиц дождевых и талых вод. Достигается это путем вертикальной планировки городских территорий, сбора воды в лотки проезжей части проездов, затем улиц. Из лотков улиц вода поступает в систему водоотвода, которая может быть открытой или закрытой. Открытая система включает лотки, кюветы, канавы. В соответствии с действующими правилами (СНиП) в городах должна предусматриваться закрытая система водоотвода [2].

Из схемы вертикальной планировки (рисунок 1) видно, что сначала стекающая вода попадает в дворовую (или внутриквартальную) сеть лотков проезжей части, а затем поступает на улицу. Внутри квартала также требуется устройство водосборной сети (например, в углу, где вертикальная отметка минимальная и откуда нет стока).

Системы городской канализации подразделяют на общесплавные, раздельные и полураздельные.

Общесплавная система канализации пропускает ливневые и талые, а также производственные и фекальные воды. Весь сток поступает на очистные сооружения, за исключением части расхода отводных береговых коллекторов, которые во время сильных дождей сбрасываются непосредственно через ливнепуски. Эта система канализации довольно удобна, так как все сточные воды отводятся одной системой труб и каналов. Имеет она и некоторые санитарные преимущества. Её недостаток обусловливается резким увеличением размеров очистных сооружений и диаметра труб.



**Рисунок 1 – Вертикальная планировка квартала**

При полной раздельной системе предусматривается устройство двух самостоятельных сетей: для отвода фекальных и производственных вод и для отвода поверхностного стока – самостоятельная сеть ливневой канализации. Сброс фекальных вод в проточные водоемы, реки, водотоки осуществляется после их полной очистки [3].

При полураздельной системе канализации также устраиваются две самостоятельные системы уличных сетей, но с общими (общесплавными) отводящими коллекторами. При этом все бытовые и производственные сточные воды, весь талый и дождевой сток расчетной повторяемости поступают на очистные сооружения. При полураздельной системе отпадает необходимость устройства многочисленных отдельных очистных сооружений на городской территории.

Закрытая система водоотвода может включать:

- защитную (нагорную) сеть, перехватывающую поверхностные воды, стекающие к городу с возвышенной местности. Эта сеть может быть закрытой, но чаще устраивается открытой в виде нагорных каналов;
- водосборную (первичную) сеть, собирающую поверхностные воды, выпадающие на территории города;
- водоотводящую сеть, транспортирующую собранные поверхностные воды к водоему или другому месту сброса вод;
- водосточные сети специального назначения (например, водостоки, перехватывающие воду на оползневых склонах, дренажи различного назначения – для понижения уровня грунтовых вод, сопутствующие подземным коммуникациям, профилактические).

Для организованного и достаточно быстрого отвода выпавших на территории города и промышленных предприятий атмосферных осадков или талых вод в г. Бресте запроектирована и эксплуатируется наружная дождевая канализация закрытого типа. Система предполагает сбор поверхностного стока водоотводными лотками, входящими в конструкцию городских дорог и тротуаров, поступление его через особые колодцы-дождеприемники – в сеть подземных трубопроводов и отвод самотеком по наикратчайшему расстоянию в естественные водоемы – р.р. Мухавец, Лесная, Западный Буг.

Согласно существующей схеме система ливневой канализации города включает 27 самотечных коллекторов, сплавляющих поверхностный сток, как с территории города, так и с территорий промышленных предприятий через 27 выпусков в 3 поверхностных водотока – р.р. Мухавец, Лесная, Западный Буг. При этом на семи выпусках поверхностный сток подвергается механической очистке на очистных сооружениях [4].

**Заключение.** В процессе проведенных исследований установлено, что вся водосточная сеть города Бреста складывается из бассейнов. Границы бассейна являются границами площади стока дождевых вод, притекающих к водосточной сети данного бассейна. Сеть водостоков в пределах отдельного бассейна разделяется на главный коллектор бассейна, боковые коллекторы и водостоки отдельных улиц. Главные коллекторы бассейнов располагаются по направлению основных тальвегов бассейна и имеют отдельные выпуски в проточные водотоки или коллекторы полураздельной канализации. Русла ручьев и малых речек, расположенных в пределах города, включаются в систему водоотвода в виде открытых или закрытых протоков на всем их протяжении или на отдельных участках.

#### **Список цитированных источников**

1. Бухолдин, А. А. Особенности состава поверхностного стока с территории городов / А. А. Бухолдин, Э. И. Горяинов, А. В. Рокшевская [и др.] // Проблемы охраны вод. – Вып. 5. – Харьков: ВНИИВО, 1974.
2. Дикаревский, В. С. Отведение и очистка поверхностных сточных вод / В. С. Дикаревский, А. М. Курганов, А. П. Ничаев, М. И. Алексеев. – Л.: Стройиздат, 1990. – 224 с.
3. Алексеев, М. И. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий / М. И. Алексеев, А. М. Курганов – Москва, 2000. – 352 с.
4. Разработать методику и выполнить расчеты объемов поверхностных сточных вод для г. Бреста и промышленных предприятий: отчет о НИР (закл.) / ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси»; рук. НИР к. т. н., доцент В. Н. Яромский – Брест, 2007. – 37 с.

## ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАБОТЫ ДИАГОНАЛЬНОГО ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА В ПРОГРАММЕ CORIGA E TOOL VENTILATION

Применение установок с рекуперацией тепла позволяет уменьшить потребление электроэнергии, тем самым снизить финансовые затраты. 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.

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.

Для определения температуры и влажности воздуха, нагреваемого за счет рекуперации, провели опыт. С помощью экспериментальных данных построили зависимости температур воздуха, КПД и Q от времени.

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

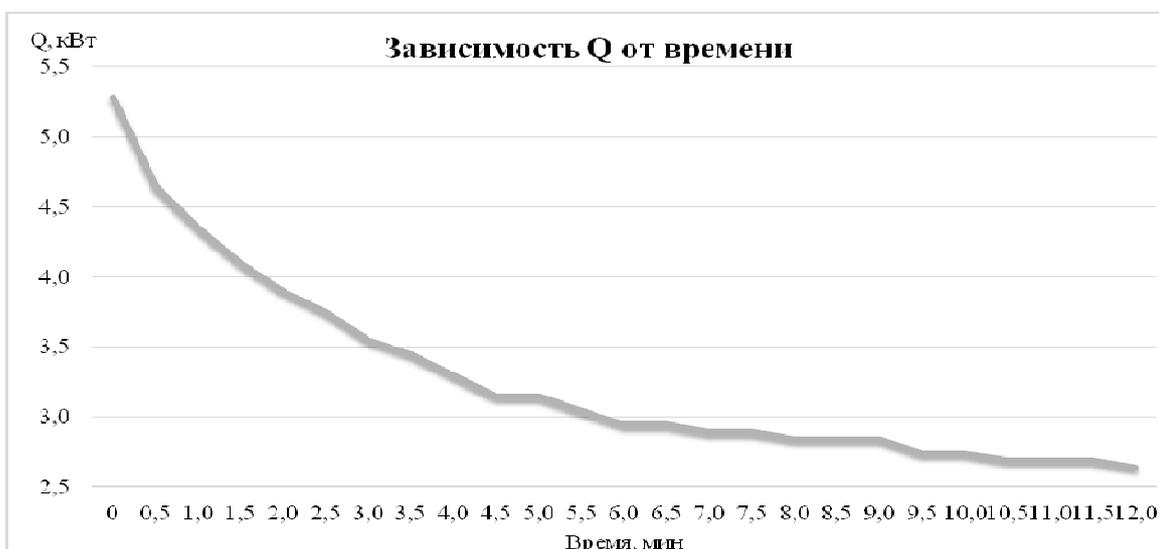
№	t, мин	tн	tпр	фпр	tвыт	tp	η, %	Q, кВт
1	0	7,5	17,9	30,7	17,2	11,6	<b>107,2</b>	<b>5,3</b>
2	0,5	7,5	16,6	32,3	17,1	11,5	<b>94,8</b>	<b>4,6</b>
3	1,0	7,5	16,0	36,0	17,0	11,5	<b>89,5</b>	<b>4,3</b>
4	1,5	7,5	15,5	34,9	17,0	11,5	<b>84,2</b>	<b>4,1</b>
5	2,0	7,5	15,1	35,8	16,8	11,5	<b>81,7</b>	<b>3,9</b>
6	2,5	7,5	14,8	36,7	16,8	11,5	<b>78,5</b>	<b>3,7</b>
7	3,0	7,5	14,4	37,4	16,7	11,5	<b>75,0</b>	<b>3,5</b>
8	3,5	7,5	14,2	38,8	16,7	11,5	<b>72,8</b>	<b>3,4</b>
9	4,0	7,5	13,9	38,4	16,6	11,5	<b>70,3</b>	<b>3,3</b>
10	4,5	7,5	13,6	38,5	16,4	11,3	<b>68,5</b>	<b>3,1</b>
11	5,0	7,5	13,6	39,1	16,3	11,3	<b>69,3</b>	<b>3,1</b>
12	5,5	7,5	13,4	40,1	16,2	11,3	<b>67,8</b>	<b>3,0</b>
13	6,0	7,5	13,2	40,0	16,2	11,3	<b>65,5</b>	<b>2,9</b>
14	6,5	7,5	13,2	40,3	16,2	11,3	<b>65,5</b>	<b>2,9</b>
15	7,0	7,5	13,1	40,8	16,1	11,3	<b>65,1</b>	<b>2,9</b>
16	7,5	7,5	13,1	40,3	16,1	11,3	<b>65,3</b>	<b>2,9</b>
17	8,0	7,5	13,0	40,5	16,1	11,3	<b>64,2</b>	<b>2,8</b>
18	8,5	7,5	13,0	41,5	16,1	11,3	<b>64,2</b>	<b>2,8</b>
19	9,0	7,5	13,0	41,8	16,0	11,1	<b>64,6</b>	<b>2,8</b>
20	9,5	7,5	12,8	41,6	16,0	11,1	<b>62,2</b>	<b>2,7</b>
21	10,0	7,5	12,8	42,0	16,0	11,1	<b>62,3</b>	<b>2,7</b>
22	10,5	7,5	12,7	42,5	15,9	11,1	<b>61,9</b>	<b>2,7</b>
23	11,0	7,5	12,7	42,4	15,8	11,1	<b>62,7</b>	<b>2,7</b>
24	11,5	7,5	12,7	42,7	15,8	11,1	<b>62,7</b>	<b>2,7</b>
25	12,0	7,5	12,6	43,3	15,8	11,1	<b>61,4</b>	<b>2,6</b>

Н	В
t=7,5	t=15,5
φ=53,5%	

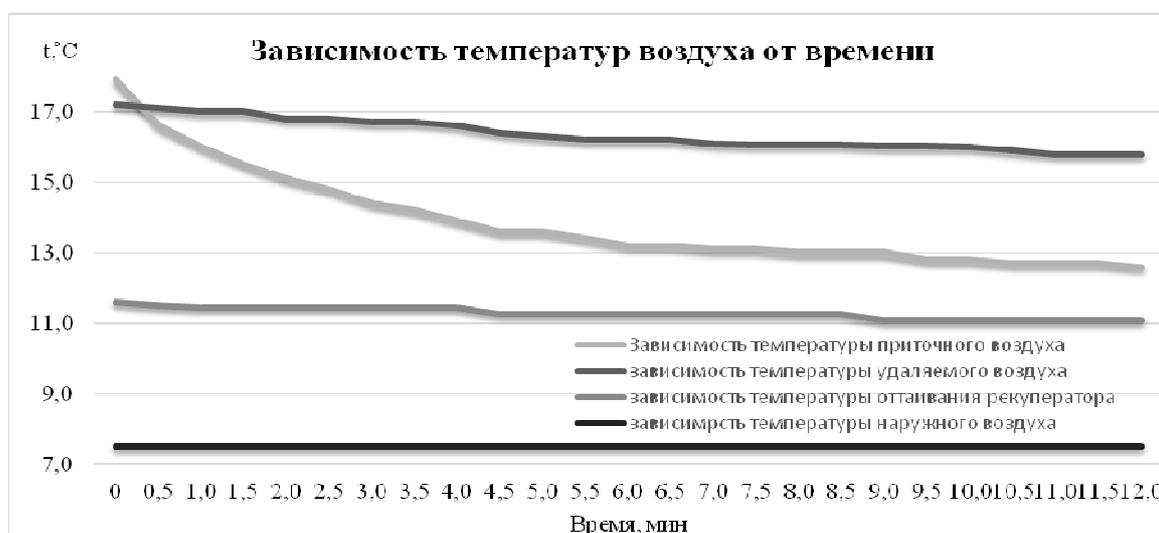
По полученным данным построим графики зависимости КПД от времени, температуры приточного, удаляемого воздуха и оттаивания рекуператора от времени, Q от времени для каждого измерения.



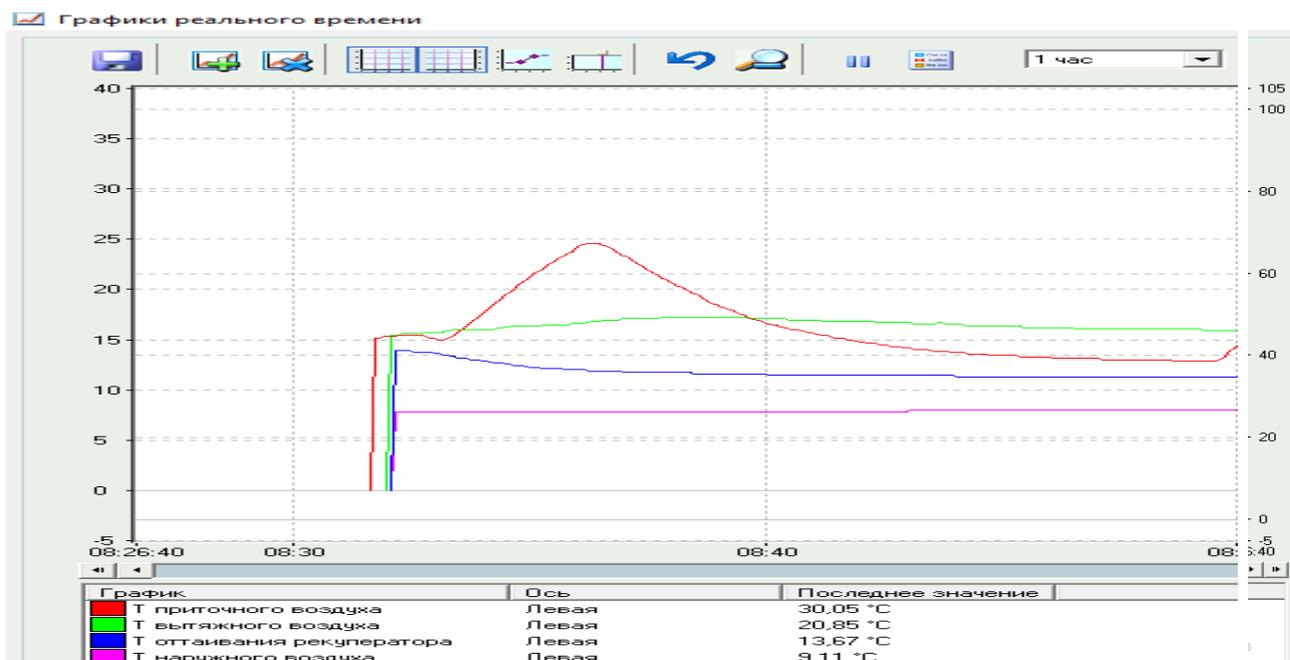
**Рисунок 1 – График зависимости КПД от времени**



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



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



**Рисунок 4 – Графики зависимости температур воздуха от времени в программе Coriga E Tool Ventilation. Version 3.6**

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 изучения работы пластинчатого рекуператора в составе центрального промышленного кондиционера сравнили опытный КПД и КПД из паспорта и выяснили, что рекуператор работает в оптимальном режиме. Это подтверждает тот факт, что при наружной температуре  $t_{нар}=7,5^{\circ}$  опытный КПД и КПД из паспорта  $\approx 62\%$ .

УДК 502.3.7

**Ткачик И. Б.**

**Научный руководитель: к. т. н., доцент Волчек Ан. А.**

## **ПЛАСТИКОВАЯ УПАКОВКА И ЕЁ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ЧЕЛОВЕКА**

За последние 70 лет изделия из пластика получили необычайно широкое распространение: мы уже просто не можем жить без них. Одноразовые контейнеры, скотч, пакеты всевозможной плотности, размеров и расцветки и т. д. – предложение явно превышает спрос. Пластик – недорогой и невероятно универсальный материал, обладающий свойствами, которые делают его идеальным для применения во множестве областей [1].

Но у пластиковой упаковки есть недостаток – глобальная проблема утилизации (пластик не разлагается в природе). Производители убеждают нас, что используют только безвредные полимеры для изготовления упаковки, однако нужно понимать, что таких не существует.

Пластик – это ценный материал, а пластиковые отходы – результат его чрезмерного и нерационального использования. Пластиковые отходы оказывают существенное влияние на состояние окружающей среды, в особенности береговой линии и морской флоры и фауны.

Существует три основных вида отрицательного воздействия пластика на морские экосистемы:

1. Препятствия для морских обитателей:

- известно более 250 видов морских животных, которые проглатывали пластиковый мусор или запутывались в нем;
- установлено, что в пластиковую западню попадает до 7,9 % некоторых видов тюленей и морских львов;
- согласно отчету Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП), ежегодно в рыболовных сетях запутывается около 130 000 китов.

2. Проглатывание пластика морскими животными:

- известно более 100 видов морских птиц, проглатывавших предметы из пластика;
- выявлен 31 вид морских млекопитающих, проглатывавших пластик.

3. Распространение инвазионных видов:

- увеличение количества мусора в мировом океане, в частности пластиковых отходов, привело к соответствующему увеличению интенсивности проникновения чужеродных видов в те регионы, где раньше их наличие не отмечалось;
- в результате загрязнения окружающей среды искусственным мусором значительно увеличилось распространение чужеродных видов;
- проблема «биотического смещения», вызванная человеческой деятельностью, получает широкое распространение;
- на твёрдой поверхности предметов пластикового мусора создается привлекательная альтернативная среда для развития многих организмов [1].

Как только пластиковая упаковка используется, большинство из нее попадает на полигоны. С каждым годом все больше и больше пакетов попадает в окружающую среду. Когда они становятся мусором, они попадают в наши водные пути, парки, пляжи и улицы. А если пакеты сжигаются, то они выделяют в воздух токсичные пары [2].

Недавно были проведены исследования химических добавок, содержащихся в пластике, касающиеся вопросов охраны здоровья людей. И именно в этом аспекте существует проблема, связанная с микрочастицами пластика. Пластик распадается на всё более и более мелкие частицы, становясь частью пищевой цепи. Дальнейшие исследования показали, что пластиковая поверхность этих частиц адсорбирует химические вещества из воды. На пластиковых предметах в морской воде обнаруживаются стойкие органические загрязнители в концентрациях на несколько порядков выше, чем их обычное содержание в воде. Эти загрязнители связаны с многочисленными отклонениями в состоянии здоровья людей: рак, диабет, изменения в иммунной системе и т. д. [1].

Хлорированный пластик может выделять вредные химические вещества в почву, которая затем может просочиться в грунтовые воды или другие ближайшие источники воды. Это может нанести серьёзный вред тем, кто пьёт эту воду [3].

Рассмотрим ситуацию с пластиковыми отходами в Республике Беларусь на примере города Бреста и Брестской области. С каждым годом производство и использование в нашей стране пищевой упаковки из пластика, одноразовой пластиковой посуды, ПЭТ-бутылок и многочисленных разнообразных пластиковых изделий приводит к увеличению образования отходов пластмасс.

Существует лишь три вида обращения с ненужными отходами [4]:

1. Вторичная переработка. Это вариант обращения с твердыми бытовыми отходами, который позволяет уменьшить их объем и снизить расход первич-

ных ресурсов. Перерабатывать твердые бытовые отходы выгодно, на вторичное сырье – бумагу, стекло, пластик, алюминий, цветные металлы и другие – всегда есть спрос.

2. Сжигание. Сжигание твёрдых бытовых отходов на мусоросжигающих заводах позволяет уменьшить их количество и получить некоторый объем энергии (из 1 т твердых бытовых отходов можно получить 400 кВт/час). Но даже при использовании самой совершенной технологии сжигания и очистки выбросов эти заводы загрязняют атмосферный воздух.

3. Захоронение на полигоне. Этот вариант является самым неэкологичным. При обычной свалке образуются токсичные инфильтрационные воды, в атмосферный воздух попадают выбросы метана, которые воздействуют на увеличение парникового эффекта. Если используется современный полигон для хранения твёрдых бытовых отходов, то инфильтрационные воды не загрязняют окружающую среду – их собирают и очищают. Но, несмотря на это, метан всё же попадает в атмосферный воздух, а увеличение объема мусора происходит очень быстро, поэтому через несколько лет всякий полигон наполняется и возникает необходимость строить новый.

Наиболее рациональный и экологичный метод – вторичная переработка. Необходимо на первоначальном этапе разделять вторичные материальные ресурсы в контейнеры для раздельного сбора отходов. В Республике Беларусь этот метод с каждым годом становится всё более популярным, что видно в таблице.

Проводятся просветительно-агитационные акции для ознакомления населения, как правильно сортировать отходы, в большей степени они направлены на детей дошкольного и младшего школьного возраста.

**Таблица – Объём собранных вторичных материальных ресурсов контейнерами для раздельного сбора отходов в г. Бресте и Брестском районе, тонн**

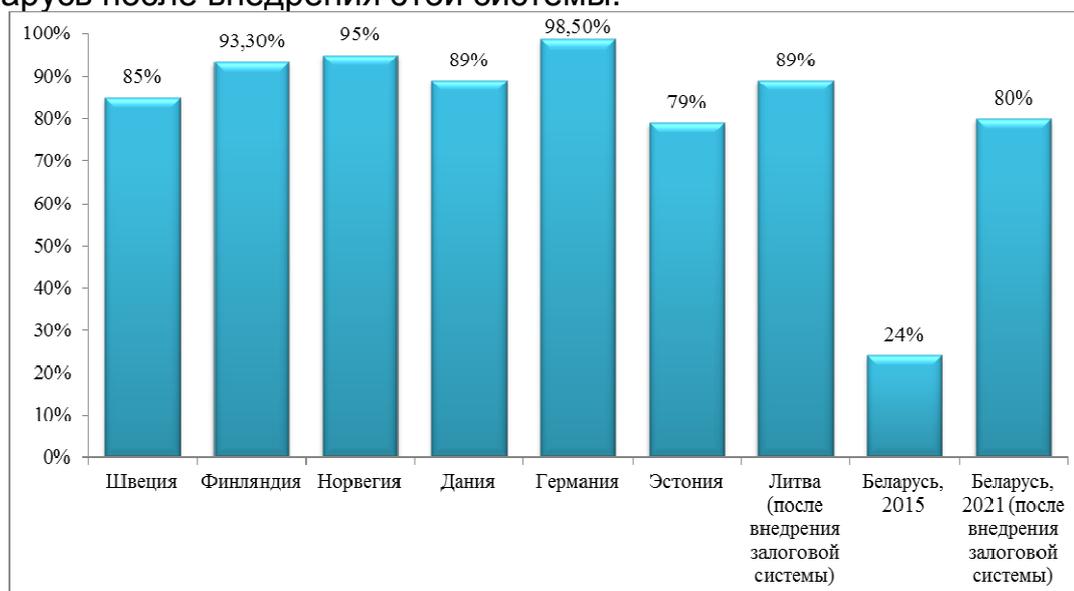
Наименование	2016 г.	2017 г.
Отходы бумаги и картона	44,8	96,6
Отходы стекла	229,6	270,5
<i>Пластиковые отходы</i>	<i>296,3</i>	<i>332,7</i>
<i>Всего</i>	<i>570,7</i>	<i>699,8</i>

Из таблицы видно, что пластиковые отходы составляют половину от всего объема и количество отходов собираемых отдельно увеличиваются, что оказывает влияние на уменьшение вредного воздействия от пластика. Мы привыкли к одноразовому использованию упаковки, но раздельный сбор и вторичная переработка показывает нам, что можно ее использовать неограниченное количество раз, что даст значительный экологический и экономический эффект.

Еще одним вариантом уменьшения количества пластиковых отходов может служить замена пластиковой упаковки на стеклянную или бумажную (картонную). Такой метод просто необходим для Республики Беларусь, так как из всех бытовых отходов 11% составляют пластиковые вторичные материальные ресурсы (которые могут использоваться для переработки - ПЭТ-бутылка, полипропилен (плотный пластик) и т. д.), а стекло – 8% [5].

Решением проблемы с пластиком может служить депозитно-залоговая система, которую планируют ввести в Беларуси к 2020 году. Она подразумевает, что в стоимость продуктов, которые будут покупаться, будет включена ещё и цена упаковки. Для возвращения денег эту упаковку необходимо будет сдавать в специальные автоматы. Это будет стимулировать людей к раздельному сбору отходов [6].

На рисунке 1 представлен процент сбора тары с помощью депозитно-залоговой системы в некоторых странах и планируемое значение в Республике Беларусь после внедрения этой системы.



**Рисунок 1 – Сбор депозитной тары в некоторых странах, %**

Введение данной системы в странах Европейского союза дало положительный эффект на отдельный сбор вторичных материальных ресурсов.

Сначала покупателю может показаться, что внедрение залоговой системы – лишние хлопоты: сначала нужно переплатить, а потом ещё идти сдавать. Но нужно смотреть на это масштабнее: деньги можно вернуть, а тара гарантированно отправится на переработку, а не на захоронение, что повлияет на экологическое состояние окружающей среды и снизит затраты ресурсов. Если систему правильно организовать и сделать удобной для потребителя, то люди ее поддержат.

Ниже приведены несколько мер по уменьшению количества пластиковых отходов, которые могут предпринять все неравнодушные к будущему нашей планеты и своему здоровью люди:

1. Большая тряпичная сумка может стать хорошей заменой для покупок.
2. Не используйте пластиковые контейнеры для хранения продуктов более 5 месяцев.
3. По возможности замените пластиковую посуду стеклянной, фарфоровой, глиняной, деревянной, из нержавеющей стали и т. д.
4. Не храните и не покупайте воду в пластиковых бутылках.
5. Горячие напитки лучше употреблять не в пластиковых, а в бумажных стаканчиках.
6. Сортируйте отходы. Это позволит отправлять их на переработку, а не на полигон [7].

В идеале, лучше вообще отказаться от изделий из пластика в своей жизни и заменить продукцией из других материалов, которые оказывают меньший вред или безвредны.

Мы можем сделать вывод, что на сегодняшний день загрязнение окружающей среды пластиковыми отходами, безусловно, приводит к нарушению экологического равновесия на всей планете, а не только в районах воздействия. Это говорит о том, что данная проблема касается каждого.

Совместное внедрение всего вышеперечисленного может помочь уменьшить количество захораниваемых пластиковых отходов и улучшить экологическую обстановку в Республике Беларусь.

### **Список использованных источников**

1. Стоп пластик! [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://anywater.ru/pubs/stop-plastic/> – Дата доступа: 12.03.2019.
2. Пластиковая посуда и пакеты. Влияние на человека и природу. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yoga-life.su/health/interesting/300-vred-plastica>. – Дата доступа: 17.03.2019.
3. Пластиковое загрязнение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5\\_%D0%B7%D0%B0%D0%B3%D1%80%D1%8F%D0%B7%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5_%D0%B7%D0%B0%D0%B3%D1%80%D1%8F%D0%B7%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5). – Дата доступа: 22.03.2019.
4. Социальный проект «Проблемы бытового мусора» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://infourok.ru/socialniy-proekt-problemi-bitovogo-musora-555486.html>. – Дата доступа: 12.11.2018.
5. Экологи — за отказ от бесплатных пакетов. Как будет работать директива президента по пластику? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://news.tut.by/society/628658.html?crnd=70229>. – Дата доступа: 24.03.2019.
6. «Нужно понять, куда внедрять». Торговля и бизнес — о депозитно-залоговой системе обращения с тарой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://finance.tut.by/news624703.html>. – Дата доступа: 05.02.2019.
7. Загрязнение окружающей среды пластиком [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bestlavka.ru/zagryaznenie-okruzhayushhej-sredy-plastikom/>. – Дата доступа: 26.03.2019.

# **ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

## **АЛГОРИТМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

Целью данной работы является разработка и описание алгоритма формирования плана развозки пассажиров городской интеллектуальной информационно-транспортной системой, основанной на использовании роботизированных беспилотных транспортных средств. Система призвана разгрузить перенасыщенную обстановку на городских автомагистралях путем предоставления провозной способности, сопоставимой с метро.

Решением проблем перенасыщенности общественных магистралей и регулярного появления транспортных коллапсов на них в крупных населенных пунктах является активное развитие общественного транспорта. Однако стоимость эксплуатации такого транспорта постоянно растет из-за ограниченности выбора транспортных средств нужной вместимости, отсутствия точной информации о пассажиропотоке в режиме реального времени, ошибок человеческого фактора и т. д., что делает большинство современных систем городского транспорта планово-убыточными, а недорогую транспортировку больших масс людей в пределах черты города невыполнимой. Тем не менее, для того, чтобы избежать транспортного коллапса, городские власти вынуждены осуществлять поддержку общественного транспорта. В то же время интеллектуальные информационные технологии стали использоваться практически во всех сферах человеческой деятельности, включая и транспортные системы. Примером тому служат появление в крупнейших мегаполисах интеллектуальных транспортных систем, управляемых из единого информационного центра, предоставляющего информацию о дорожной обстановке с фото и видеокамер, наличии мест на стоянках и т. д. [1]. Такие системы направлены на повышение мобильности и гибкости современных городских пассажирских перевозок, а также несут в себе значительные экономические выгоды, так как по производительности способны не уступать метро и в то же время ниже по стоимости изготовления и обслуживания.

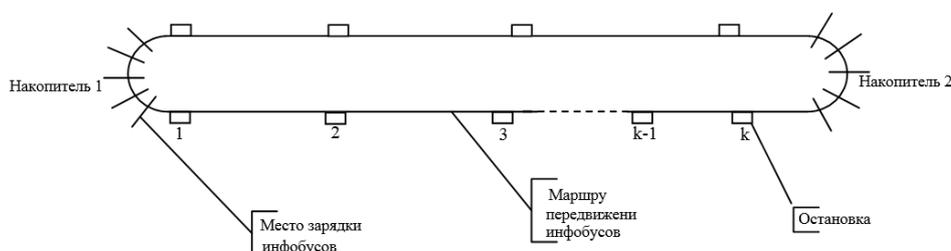
Основной транспортной единицей в рассматриваемой информационно-транспортной системе является беспилотный электрокар небольшой вместимости до тридцати человек, называемый инфобусом [2]. Движение инфобусов управляется единым координирующим сервером, который может объединять в зависимости по интенсивности пассажиропотока транспортные средства в кассеты, состоящие из различного числа единиц: один инфобус, два, три и т. д. Механические соединения в кассете отсутствуют, т. к. являются виртуальными, как в автопоездах [3]. На маршрут высылаются такое число инфобусов, чтобы суммарная вместимость их была равна или незначительно превышала объем пассажиропотока. Пассажир, оплачивая проезд на остановке отправления через терминал системы, указывает пункт, в который он намеревается ехать. Этими действиями пассажир регистрирует свое появление в системе с требованием на доставку в нужный ему пункт назначения. Доставка пассажира в пункт назначения должна быть преимущественно безостановочная либо с минимальным числом остановок от пункта отправления и до пункта назначения. Движение инфобусов осуществляется в улично-дорожных условиях города при влиянии в той или иной степени со стороны других участников движения. Уменьшить такое

влияние на движение инфобусов можно за счет выделения специальной полосы движения, как это делается для общественного транспорта типа автобуса или троллейбуса. Полоса движения инфобусов непосредственно примыкает к тротуару и отделена от него ограждением, а от основной дороги слева сплошной линией (рис.1). В некоторых случаях может использоваться легкое ограждение в форме установленных на сплошной линии пластмассовых конусов.



**Рисунок 1 – Автопоезд из одного и двух инфобусов на перекрестке**

Движение инфобусов по маршруту должно быть бесконфликтным, т. е. инфобусы не должны задерживать друг друга, и осуществляться от Накопителя 1 к Накопителю 2, расположенных в конечных пунктах маршрута (рис. 2).



**Рисунок 2 – Схема маршрута движения инфобусов**

Координирующий сервер, принимая информацию с терминалов остановочных пунктов, формирует матрицу корреспонденций  $M_z$ ,  $Z=1,2,\dots$ , в которой фиксируется каждый прибывающий на остановку пассажир с его требованием на доставку. По накоплению определенного числа пассажиров в матрице корреспонденций  $M_z$ ,  $Z=1,2,\dots$  координирующий сервер формирует план развозки пассажиров - процедуру последовательной отправки инфобусов из Накопителя 1 (рис. 2) на маршрут с присвоением ему индивидуального номера и указанием множества станций назначения, и отправляет инфобусы для развозки пассажиров по станциям назначения. На информационном табло остановки, а также на дисплее инфобуса отображается список пунктов назначения, на которые инфобус повезет пассажиров. Пассажиры, пункт назначения которых совпадает с набором остановок инфобуса, садятся в транспортное средство, а остальные дожидаются другого инфобуса.

Каждый элемент  $m_{ij}$  матрицы корреспонденций  $M_z$ ,  $Z=1,2,\dots$  равен числу пассажиров, следующих с остановки  $i$  на остановку  $j$ ,  $i, j = \overline{1, k}$ . Здесь  $k$  – число остановок одного направления маршрута (рис. 2). Элементы матрицы  $M_z$  на главной диагонали и под главной диагональю равны нулю, т. к. пассажир не может следовать на остановку, на которой он сел, и не может следовать в обратном направлении [2, 4, 5, 6]:

$$M_z = \begin{pmatrix} 0 & m_{12} & m_{13} & \dots & \dots & m_{1j} & \dots & m_{1k} \\ 0 & 0 & m_{23} & \dots & \dots & m_{2j} & \dots & m_{2k} \\ \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & m_{i+1} & \dots & m_{ij} & \dots & m_{ik} \\ \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & m_{k-1k} \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

План развозок для текущей матрицы корреспонденций должен обеспечивать бесконфликтность движения инфобусов на маршруте, т. е. инфобусы не должны задерживать друг друга. Начало разработки плана развозок пассажиров наступает в момент, когда один из элементов матрицы  $M_z$  начинает удовлетворять условию  $m_{ij} = a * V, a \in (0.8, 1), i = \overline{1, k-1}, j = \overline{1, k}$ . и, следовательно, все элементы матрицы  $M_z$  к началу развозки меньше объема инфобуса  $V$ . План развозок составляется последовательно для каждой строки. Выполнение плана развозок осуществляется в той же последовательности. Для любой  $i$ -й строки матрицы корреспонденций  $M_z$  возможно сразу указать нижнюю  $n_{инг}$  и верхнюю  $n_{ивг}$  границы необходимого числа всех инфобусов для

вывоза всех пассажиров с  $i$ -й остановки:  $n_{инг} = \left\lceil \frac{m_i}{V} \right\rceil = \left\lceil \frac{\sum_{j=i+1}^k m_{ij}}{V} \right\rceil, n_{ивг} = k - i, i = \overline{1, k-1}$ .

Для гарантии бесконфликтности движения транспортных средств их отправка будет осуществляться сначала к самым дальним пунктам назначения от остановки следования пассажиров, потом к ближним:  $j = k, k-1, \dots, i+1$ . Каждый инфобус при этом получает свой порядковый номер  $\dot{n}_i = \overline{1, n_i}, n_{инг} \leq n_i \leq n_{ивг}, n_i \in N$ . Здесь  $n_i$  – число инфобусов, необходимое для вывоза всех пассажиров с остановки  $i$  на все остановки маршрута  $i+1, i+2, \dots, k$ . Причем такой инфобус  $n_i$  имеет некоторое множество доступных ему для развозки остановок, в дальнейшем оно будет именоваться потенциальным множеством остановок инфобуса  $\dot{n}_i$  и обозначаться  $J_{\dot{n}_i, P}$ . В это множество будут входить все остановочные пункты маршрута, располагающиеся за начальным пунктом отправления инфобуса  $\dot{n}_i$ , за исключением тех остановок, на которые предыдущие инфобусы, развозящие с этой же остановки, уже доставили пассажиров. Однако осуществлять доставку пассажиров такой инфобус будет не во все пункты этого множества, а лишь в некоторые из них, которые составят реальное множество остановок инфобуса  $\dot{n}_i$ , обозначаемое  $J_{\dot{n}_i}$  и являющееся подмножеством потенциального множества остановок  $J_{\dot{n}_i, P}$ , то есть  $J_{\dot{n}_i} \subset J_{\dot{n}_i, P}$ . Таким образом, потенциальное множество остановок произвольного инфобуса  $\dot{n}_i, \dot{n}_i = \overline{1, n_i}$  при развозке с остановки  $i$  есть разность множества всех остановок маршрута, начиная с остановки  $i+1$ , и множества, являющимся совокупностью остановок, на которые предыдущие инфобусы

осуществили развозку:  $J_{\dot{n}_i, P} = \{i+1, i+2, \dots, k\} \setminus \bigcup_{l=1}^{\dot{n}_i-1} J_l$ .

В целях описания алгоритма вводится понятие точной верхней грани потенциального множества остановок инфобуса  $\dot{n}_i$ , опирающееся на математическое определение супремума множества [7]: остановка с наибольшим порядковым номером потенциального множества остановок инфобуса  $\dot{n}_i, \dot{n}_i \in \{1, 2, \dots, n_i\}$  всегда будет являться точной верхней границей множества  $J_{\dot{n}_i, P}$  и обозначаться  $\sup J_{\dot{n}_i, P}$ , всегда входя в реальное множества остановок инфобуса  $\dot{n}_i$ . Будут ли в это множество входить другие остановки, зависит от объема инфобуса и количества следующих на них пассажиров. Для инфобуса  $\dot{n}_i, \dot{n}_i \in \{1, 2, \dots, n_i\}$  потенциальное множество остановок  $J_{\dot{n}_i, P}$ , величина  $\Delta_{\dot{n}_i}$  и реальное множество остановок  $J_{\dot{n}_i}$  определяются из следующих условий:

$$\left\{ \begin{array}{l} J_{\dot{n}_i P} = \{i+1, \dots, k\} \setminus \bigcup_{l=0}^{\dot{n}_i-1} J_l, J_0 = \emptyset, \dot{n}_i \in \{1, 2, \dots, n_i\}, \\ \Delta_{\dot{n}_i} = \{0, 1, 2, \dots\}, \sum_{j=\sup J_{\dot{n}_i P} - \Delta_{\dot{n}_i}}^{\sup J_{\dot{n}_i P}} m_{1j} \leq V, \sum_{j=\sup J_{\dot{n}_i P} - \Delta_{\dot{n}_i} - 1}^{\sup J_{\dot{n}_i P}} m_{1j} > V, \\ J_{\dot{n}_i} = \{j \mid j \in N_0, \sup J_{\dot{n}_i P} - \Delta_{\dot{n}_i} \leq j \leq \sup J_{\dot{n}_i P}\}. \end{array} \right. \quad (1)$$

Система условий (1) формирует совокупность реальных множеств остановок  $\bigcup J_{\dot{n}_i}$ ,  $\dot{n}_i \in \{1, 2, \dots, n_i\}$  инфобусов для  $i$ -й строки матрицы корреспонденций  $M_z$ ,  $Z=1, 2, \dots$ . Данная совокупность является планом развозки для  $i$ -й строки матрицы корреспонденций  $M_z$ . Действительно, индекс  $\dot{n}_i$ ,  $\dot{n}_i \in \{1, 2, \dots, n_i\}$  реального множества остановок  $J_{\dot{n}_i}$  указывает на порядковый номер инфобуса, а содержание множества  $J_{\dot{n}_i}$  указывает на номера остановок, на которых данный инфобус будет останавливаться. Совокупность  $\bigcup_{i=1}^{k-1} J_{\dot{n}_i}$ ,  $\dot{n}_i \in \{1, 2, \dots, n_i\}$  соответствует плану развозки для всей текущей матрицы корреспонденций  $M_z$ ,  $Z=1, 2, \dots$ . Развозка пассажиров с  $i$ -й остановки осуществляется через последовательную отправку инфобусов по нарастанию их порядковых номеров, т. е.  $1, 2, \dots, n_i$ .

Предложенная информационно-транспортная система способна осуществлять сбор, обработку информации и принятие решений без участия человека либо с минимальным его участием. Все информационные процессы протекают постоянно и составляют основу данной информационной транспортной системы.

### Список цитированных источников

1. Государственное казенное учреждение города Москвы «Центр организации дорожного движения Правительства Москвы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.gucodd.ru/index.php/2011-09-01-0502-01/2012-04-11-08-43-56> – Дата доступа : 07.02.2016.
2. Пролиско, Е. Е. Динамическая модель работы транспортной системы «ИНФОБУС» / Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть // Искусственный интеллект. Интеллектуальные транспортные системы : материалы научно-технической конференции – Брест: БрГТУ, 2016. – С. 49–54.
3. Проект Safe Road Trains for the Environment (SARTRE) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://en.wikipedia.org/wiki/Safe\\_Road\\_Trains\\_for\\_the\\_Environment](http://en.wikipedia.org/wiki/Safe_Road_Trains_for_the_Environment). – Дата доступа: 19.02.2019.
4. Касьяник, В. М. Мобильный помощник водителя в выборе стратегии вождения / В. М. Касьяник, В. Н. Шуть // Искусственный интеллект – 2012. – № 3. – С. 253–259.
5. Persia, L. High capacity robotic urban cluster-pipeline passengers transport / L. Persia, J. Barnes, V. Shuts, E. Prolisko, V. Kasjanik, D. Kapskii, A. Rakitski // Искусственный интеллект. Интеллектуальные транспортные системы (Ve-Safe 2016), посвященной 50-летию Брестского государственного университета : материалы Международной научно-технической конференции.
6. Пролиско, Е. Е. Математическая модель работы «ИНФОБУСОВ» / Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть // Електроніка та інфармаційні технології : матеріали VII-ої Українсько-польської науково-практичної конференції. – The Real and Complex Number Systems. Principles of Mathematical Analysis. McGraw-Hill, 1976. (ЕЛІТ-2015)». – Львов, 2015. – С. 59–62.

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАССАЖИРОПОТОКА В ГОРОДСКОМ ТРАНСПОРТЕ**

В последние десятилетие количество автотранспорта в городах резко возросло, однако организация движения осталась прежней. "Пробки" на основных магистралях городов уже давно стали обычным явлением. В связи с этим остро стоит вопрос оптимального управления транспортными потоками в городах. В этих условиях правильное функционирование общественного транспорта нарушается и становится неэффективным. Таким образом, общественный транспорт требует особых условий движения, например, движение по выделенной полосе. Наряду с этим он обязан иметь рационально построенную сеть. Характеристикой, определяющей эффективность работы общественного транспорта, является пассажиропоток.

Пассажиропоток является случайной величиной, которая зависит от многих параметров, а именно:

- времени суток;
- расстояния от начального пункта маршрута (т. е. на различных перегонах маршрута эта величина принимает разные значения);
- направление движения по маршруту (прямое и обратное направление).

Данные о мощности пассажиропотока используются для выбора транспорта необходимой вместимости, определения оптимального количества транспортных средств на маршруте в разное время суток и для составления наиболее подходящего графика прибытия транспортных средств на различные остановочные пункты. Это обеспечивает рациональность и эффективность их использования и высокий уровень обслуживания пассажиров. Систематически собираемая и анализируемая информация о величине пассажиропотока на маршруте является исходной базой для таких расчетов, которые должна регулярно проводить диспетчерская служба для адаптации режима работы общественного транспорта под различные тенденции изменения пассажиропотока с течением времени.

Автоматический сбор сведений о пассажиропотоках возможен только в автоматизированных транспортных системах. Но реально существующих примеров полностью автоматизированных транспортных систем пока не существует. Поэтому актуальной остаётся задача сбора информации о пассажиропотоках в традиционных городских транспортных системах.

На сегодняшний день существует не один подход к решению поставленной задачи: турникетный способ, инфракрасные датчики, нажимные датчики. Каждый из этих методов имеет свои существенные недостатки. Турникетный способ в значительной степени замедляет процесс посадки/высадки пассажиров, что приводит к продолжительным остановкам транспортных средств на остановочных пунктах, что в свою очередь приводит к снижению качества обслуживания, т. к. пассажиры будут вынуждены тратить намного больше времени на переезд из одной точки в другую. Метод с использованием инфракрасных датчиков требует закупки качественных точных и, как следствие, дорогих, устройств. К тому же, правильная работа данных устройств зависит от благоприятных погодных условий. Соответственно, объективные данные такой метод будет предоставлять только при подходящих погодных условиях, что не является приемлемым. Идея использования нажимных датчиков невероятно

трудно реализуема, т. к. при достаточно мощном пассажиропотоке, когда из автобуса выходят много людей, измерять их количество практически невозможно. Вдобавок, данный датчик не даёт информации о направлении движения людей. Для получения такой информации, эти датчики должны иметь очень большую точность и плотность точек отслеживания для определения формы стопы, и, как следствие, направления движения. Это потребует колоссальных затрат на разработку и производство таких устройств. В данной статье рассмотрен подход, основанный на анализе видеозаписей, выполненных на камеры, установленные в салоне автобуса.

Подходы к анализу видео и нахождению на нем объектов можно отнести к двум категориям: алгоритмические и интеллектуальные. Первые используют «статические» алгоритмы анализа видеок кадров. К таким подходам относятся: удаление фона(background subtraction), выделение контуров методом Кенни (Canny edge detection), анализ результатов применения фильтра Лапласа(Laplace filter), анализ оптического потока(optical flow analysis) и др. Вторые же используют методы машинного обучения, а именно свёрточные нейронные сети. Этот подход нельзя назвать статичным, так как в отличие от алгоритмических подходов точность тут зависит от качества обучения сети, а потому результаты могут изменяться даже в рамках одной архитектуры.

В предлагаемом методе подсчета пассажиров можно выделить следующие пункты:

1. Детектирование объектов.
2. Отбрасывание объектов всех классов, кроме тех, что помечены как «человек».
3. Сохранение информации об обнаруженном человеке, а именно его положение на видеок кадре.
4. Дальнейшее отслеживание детектируемых объектов.
5. Повторное обнаружение объектов через некоторый период времени.

Первым шагом работы алгоритма является детектирование объектов при помощи глубокой нейронной сети под названием YOLO. Данная архитектура на данный момент является одной из лидирующих в сфере распознавания объектов. Название сети является сокращением от английской фразы “Ты смотришь лишь раз” (You Only Look Once). В этой фразе скрыт основной принцип работы сети. В отличие от других существующих аналогов, таких как сети вида R-CNN, где для одного и того же изображения должно производиться многократное пропускание через сеть, оценивание входного изображения в сети YOLO из-за особенностей подхода к распознаванию производится лишь один раз. Это обеспечивает высокую скорость работы алгоритма. Данная сеть способна распознавать большое количество различных классов объектов, поэтому полученные данные необходимо отфильтровать, выбрав только объекты интереса, которыми в данном случае являются пассажиры (label “person”).

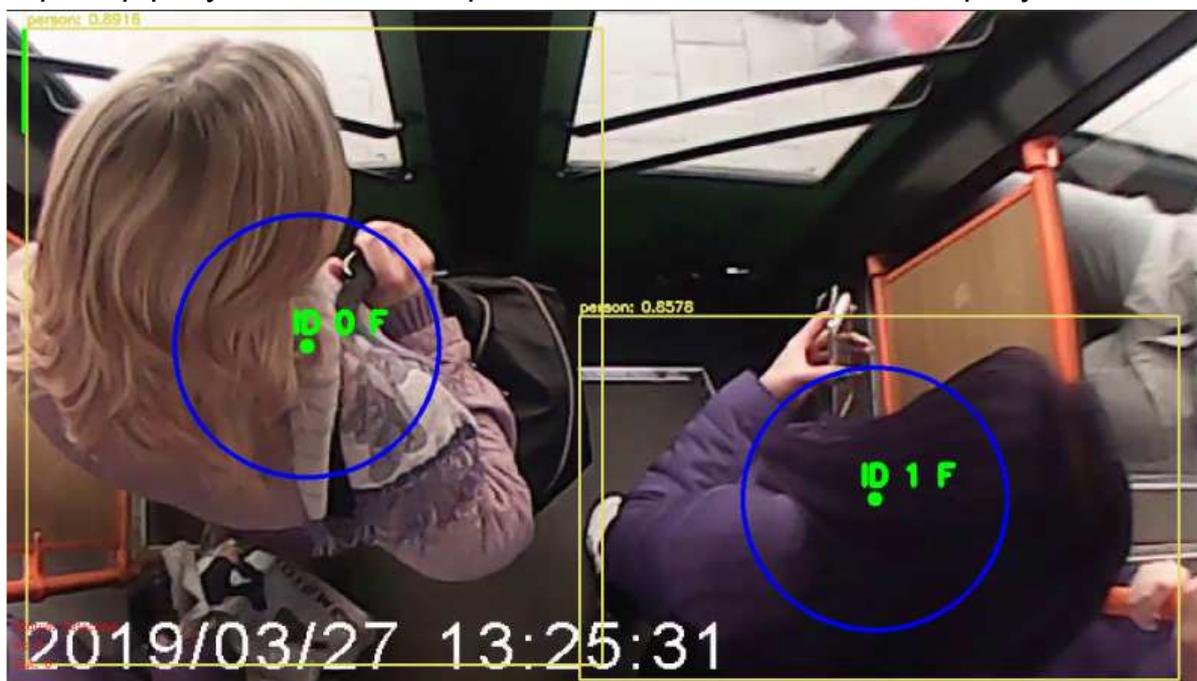
Используя рассмотренную выше сеть, можно с достаточной точностью распознать на кадре человека, но, даже несмотря на сравнительно высокую скорость работы алгоритма, использование лишь детектирования для отслеживания объектов является плохим выбором с точки зрения производительности. Использование же алгоритмов отслеживания ROI вызовет минимальные потери точности, но даст ощутимый прирост производительности, что является критичным фактором при обработке большого массива данных. Отслеживание не требует тщательного анализа каждого кадра и является сравнительно быстрой процедурой. Принцип работы строится на задании области объекта на одном кадре и его нахождении на последующих. Это позволяет отслеживать изменение положения объекта от кадра к кадру.

Оба подхода имеют свои преимущества и недостатки, но использование их в рамках одной системы помогает нивелировать недостатки обоих. Информация об объектах представляется в виде координат прямоугольных областей, в которых был обнаружен объект, что не является удобным форматом хранения положения на кадре, так как области могут менять свои размер и форму с течением времени. Поэтому для работы удобнее использовать координаты центроидов для каждой полученной прямоугольной области, так как даже при деформации формы объекта, его центр в большинстве случаев остается статичным.

Вычислив координаты центроидов объектов, найденных на текущем и предыдущем кадре, программа сопоставляет их и находит связи между ними на основе специальных алгоритмов, после чего присваивает им уникальные ID. Таким образом, система “воспринимает” одинаковый объект на разных кадрах в самом деле как один и тот же объект.

Последним пунктом в решении задачи сбора информации о пассажирах является анализ передвижения найденных центроидов. На основе истории передвижений каждого объекта система причисляет его к вошедшим или вышедшим, а после обработки массива данных составляется необходимая статистика, на что и была нацелена разработка.

Пример результата детектирования можно наблюдать на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Демонстрация работы детектирования**

Данные, полученные при помощи разработанной системы помогут скорректировать работу транспортной сети таким образом, чтобы максимизировать прибыль и минимизировать убытки транспортных компаний, а также помогут значительно улучшить имеющийся экологический фон городов.

#### **Список цитированных источников**

1. Алгоритмы планирования траектории мобильного робота в неизвестной динамической среде / А. А. Большаков, М. Ф. Степанов, А. М. Степанов, Ю. А. Ульянина. – М., 2003.
2. Интеллектуальные транспортные системы в дорожном движении / В. Г. Кочерга. – М., 2001.
3. Информационные технологии в управлении / А. А. Полякову. – М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 2007.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ «ЭФФЕКТА МПЕМБЫ»

То, что горячая вода остывает быстрее, упоминали в своё время Аристотель, Френсис Бэкон и Рене Декарт, однако лишь в 1963 году танзанийский школьник Эрасто Мпемба установил, что горячая смесь для приготовления мороженого замерзает быстрее, чем холодная. Будучи учеником Магамбинской средней школы в Танзании, Эрасто Мпемба делал практическую работу по поварскому делу. Ему нужно было изготовить самодельное мороженое – вскипятить молоко, растворить в нем сахар, охладить его до комнатной температуры, а затем поставить в холодильник для замерзания.

По-видимому, Мпемба не был особо усердным учеником и промедлил с выполнением первой части задания. Опасаясь, что не успеет к концу урока, он поставил в холодильник еще горячее молоко. К его удивлению, оно замерзло даже раньше, чем молоко его товарищей, приготовленное по описанной выше технологии.

Уже будучи учеником Мквавской средней школы, он попросил объяснить наблюдаемое явление профессора Денниса Осборна из университетского колледжа в Дар-Эс-Саламе. Осборн заинтересовался этим вопросом, и вскоре в 1969 году они вместе с Мпембой опубликовали результаты своих исследований в журнале "Physics Education". Таким образом, в серьезной академической литературе образовался термин «эффект Мпембы» [1].

Эффект Мпембы – научный парадокс, который гласит, что горячее молоко может замёрзнуть быстрее, чем холодное, хотя при этом оно должно пройти температуру холодного молока в процессе замерзания. Данное наблюдение на первый взгляд противоречит первому началу термодинамики.

Приведём наиболее распространенные объяснения этого эффекта:

1. В процессе испарения горячее молоко быстрее испаряется из стакана, уменьшая тем самым свой объём, а меньший объём молока с той же температурой замерзает быстрее.

2. Наличие снеговой подкладки в морозильной камере холодильника. Контейнер с горячим молоком плавит под собой снег, улучшая тем самым тепловой контакт со стенкой морозильника.

3. Горячее молоко может содержать меньше растворенных газов, потому что большое количество газа уходит при нагревании. Предполагается, что это изменяет свойства горячего молока и оно быстрее охлаждается.

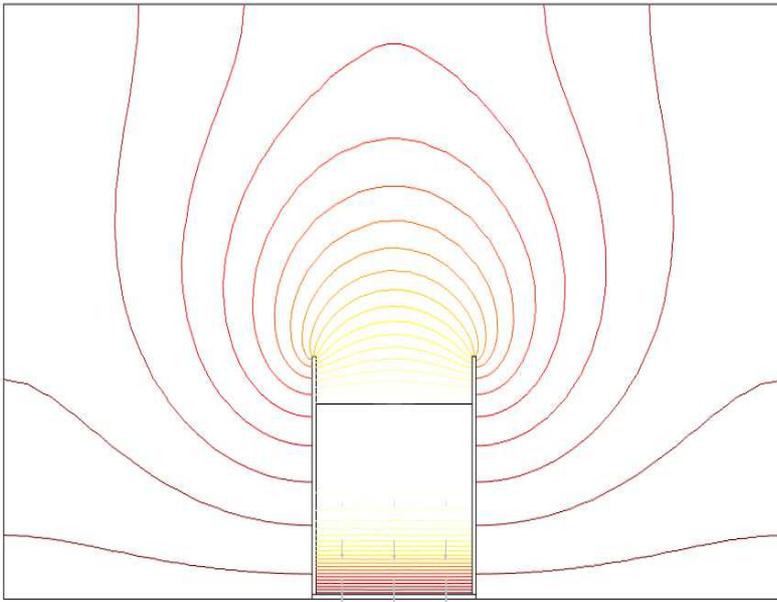
4. Из-за того, что разница температур между горячим молоком и холодным воздухом больше – следовательно, теплообмен в этом случае идет интенсивнее и горячее молоко быстрее охлаждается.

При помощи среды моделирования COMSOL Multiphysics 5.4, предназначенной для решения научных и технических проблем, основанных на дифференциальных уравнениях в частных производных, нами была предпринята попытка проверить второе из перечисленных объяснений. В этой среде была построена модель ёмкости с водой, находящейся в морозильной камере [2].

Трёхмерное уравнение теплопроводности, описывающее распространение тепловой энергии в системе, выглядит следующим образом:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = k \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right),$$

где  $\rho$  – плотность,  $C_p$  – теплоемкость,  $k$  – теплопроводность,  $T$  – температура.



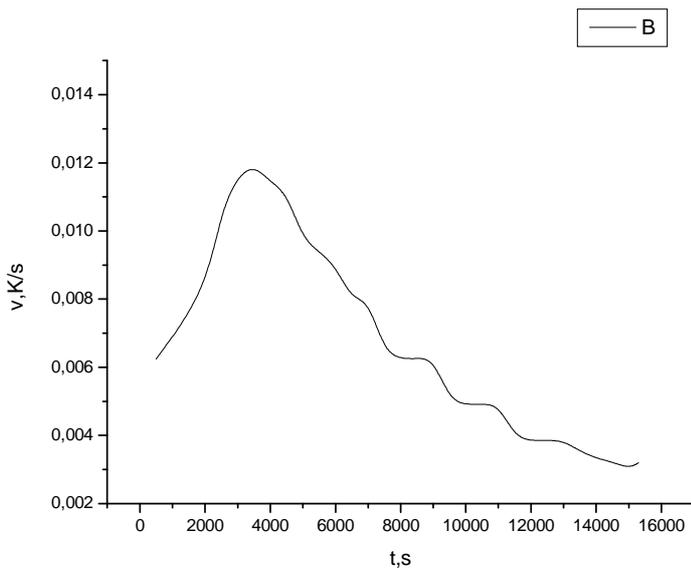
**Рисунок 1 – Изотермические поверхности в процессе остывания системы**

Результатом работы модели стало определение времени остывания воды от температуры 3080 К до температуры 2770 К и от температуры 3730 К до

температуры 2770 К. Время остывания воды в первом случае составило 11300 секунд, а во втором – 15300 секунд.

На основании проведённого моделирования можно сказать, что проверяемая гипотеза не подтвердилась, так как время остывания горячей воды больше времени остывания холодной.

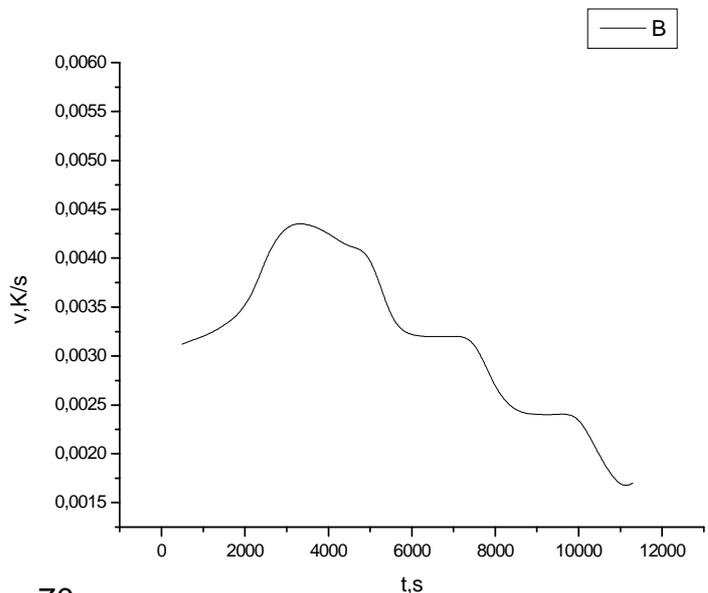
Однако скорость остывания горячей воды выше скорости остывания холодной, что подтверждается графиками зависимости, приведёнными ниже.



**Рисунок 2 – Зависимость скорости от времени при остывании горячей воды**

**Рисунок 3 – Зависимость скорости от времени при остывании холодной воды**

В заключение отметим, что эффект Мпембы существенно зависит от условий, в которых проводится эксперимент и воспроизводится далеко не всегда.



### **Список цитированных источников**

1. Мремба, Е. В. Cool? / Е. В. Мремба, D. G. Osborne // Physics Education. – Institute of Physics, 1969. – Т. 4, № 3. – С. 172–175.
2. Ткачук, С. В. Моделирование процесса замерзания воды с помощью среды моделирования COMSOL MULTIPHYSICS / С. В. Ткачук, В. В. Борушко, В. И. Гладковский // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях : сборник тезисов докладов XX Республиканской научной конференции студентов и аспирантов : в 2 ч. / ГГУ им. Франциска Скорины. – Гомель, 2017. – Ч. 1. – С. 94–95.

УДК 378.147.88

*Кисинский П. А., Рындюк Е. М.*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Винник Н. С.*

## **ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В СИСТЕМЕ AutoCAD ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ**

Немаловажный интерес представляет использование графической системы AutoCAD в поисках новых подходов к обучению различным дисциплинам, где визуализация процесса нахождения решения пропорциональна восприятию информации слушателем курса (особенно важно для преподавания графических дисциплин).

Ранее нами рассматривались возможности использования пакетных файлов системы AutoCAD и создание анимационных роликов в разработке инновационных подходов при визуализации задач [1, 2] начертательной геометрии. В данной работе мы продолжим изучать функциональные возможности графического редактора AutoCAD [3] применительно к задачам проекционного черчения и рассмотрим совместное использование параметризации и возможностей создания анимационных роликов и слайдовых систем.

Параметрический чертеж — это технология, применяемая в проектах с зависимостями, которые представляют собой связи и ограничения применительно к 2D-геометрии [4].

Существует два основных типа зависимостей:

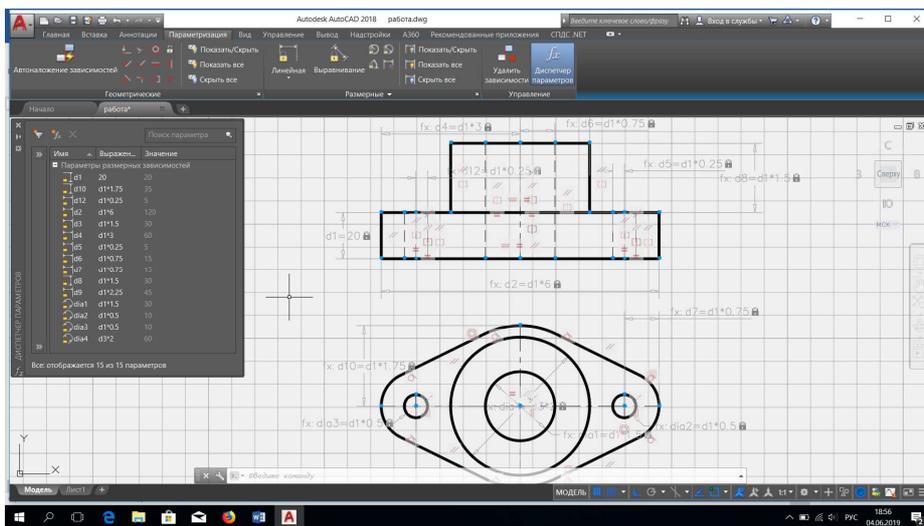
- Геометрические зависимости управляют размещением объектов по отношению друг к другу.
- Размерные зависимости управляют расстоянием, длиной, углом и радиусом объектов.

Рекомендуется вначале налагать геометрические зависимости для определения *формы*, затем размерные зависимости для определения *размеров* объектов в проекте.

На стадии проектирования зависимости дают возможность ужесточить требования во время экспериментирования с различными проектными решениями или при внесении изменений. Вносимые в объекты изменения могут привести к автоматической подстройке других объектов и ограничить возможности изменения расстояний или угловых величин.

Зависимости дают возможность:

- поддерживать соответствие проекта спецификациям и требованиям путем наложения зависимостей на геометрию чертежа;
- налагать на объекты сразу несколько геометрических зависимостей;
- включать в размерные зависимости формулы и уравнения;
- быстро вносить в проект изменения путем изменения значения переменной.



**Рисунок 1 – Геометрические и размерные зависимости, использующие принятый по умолчанию формат и режим видимости**

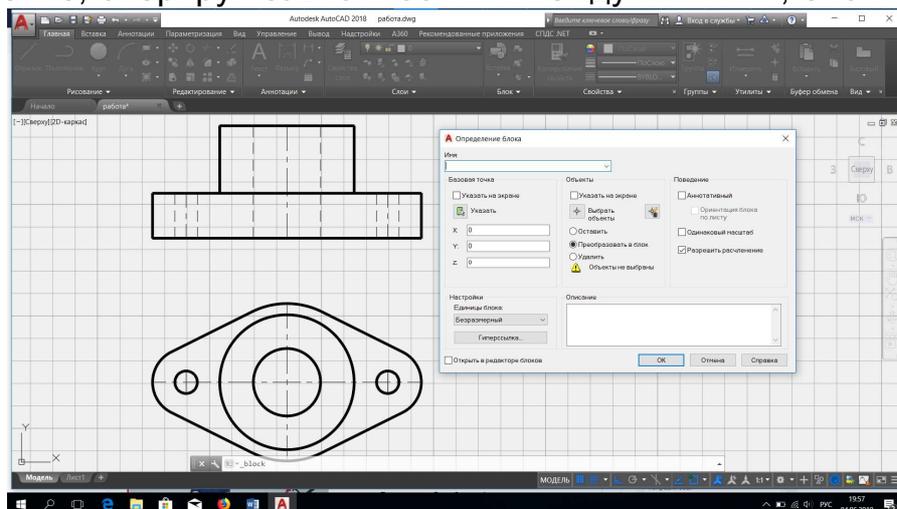
В целом, в зависимости от имеющегося опыта проектирования и от требований конкретной отрасли, существует два способа работы с чертежом с использованием зависимостей:

- Можно работать с чертежом с неполным набором зависимостей путем постепенного его изменения, используя для этого команды редактирования в сочетании с ручками и добавляя зависимости или изменяя имеющиеся.
- А можно создать чертеж и сразу сделать его полностью зависимым, а затем управлять проектом исключительно путем снятия и повторного наложения геометрических зависимостей, а также изменения значений размерных зависимостей.

Зависимости можно использовать в определениях блоков, что приводит к формированию динамических блоков. Размером и формой динамических блоков можно управлять непосредственно из чертежа.

Выполняя чертежи различных объектов, мы часто сталкиваемся с тем, что многие элементы чертежа повторяются в различных вариациях и могут в дальнейшем изменяться. Эти элементы могут быть объединены в блоки, редактирование которых будет влиять на все находящиеся в нем объекты. Динамические блоки относятся к параметрическим объектам. Мы можем программировать их поведение, оперируя зависимостями между линиями, блокируя размеры и задавая им возможности для трансформации.

**Рисунок 2 – Создание динамического блока**



В случае, если чертеж полностью параметрический, при изменении размеров геометрия будет также меняться. Если необходимо скрыть геометрические и размерные зависимости, то для этого нужно включить соответствующие опции на ленте.

Необходимо помнить, что параметрические размеры можно легко превратить в аннотативные и получить образцованный по стандарту чертеж. Также параметрические размеры можно легко превратить в аннотативные и полу-

чить образмеренный по стандарту чертеж. Если же геометрия еще не создана, то достаточно включить режим «Подразумеваемые зависимости» в статусной строке и начертить чертеж привычной командой «Отрезок». При этом все геометрические зависимости можно наложить автоматически.

Возможности новых версий AutoCAD называют настоящим технологическим прорывом, который по достоинству оценят миллионы пользователей этого программного продукта. AutoCAD стал параметрическим, и теперь при любых изменениях между объектами поддерживаются заданные пользователями взаимосвязи. Это позволяет значительно сократить время на внесение изменений в проекты. Появление инструментов работы с произвольными формами обеспечивает возможность создавать и анализировать самые сложные трехмерные объекты.

Все вышеперечисленные преимущества и функции графического редактора могут быть использованы в процессе изучения графических дисциплин как для слушателей на стационаре, так и быть весьма эффективными при дистанционном обучении, а также применимы для самообразования.

#### **Список цитированных источников**

1. Винник, Н. С. Визуализация решения задач по начертательной геометрии с использованием слайдовой системы AutoCAD/ Н. С. Винник, В. А. Морозова // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф., 21 апреля 2017 г., г. Брест, Республика Беларусь, г. Новосибирск, Российская Федерация / отв. ред. К. А. Вольхин. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2017. – С. 50–54.

2. Кисинский, П.А. Функциональные возможности системы AutoCAD в визуализации задач начертательной геометрии / П.А.Кисинский // Проблемы водохозяйственного строительства и охраны окружающей среды : сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов : в 2 ч. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: Н. Н. Шалобыта (гл.ред.) [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2018. – Ч. 1. – С. 16-18.

3. Винник, Н.С. Применение слайдовой системы AutoCAD в начертательной геометрии/ Н.С.Винник, П.А.Кисинский // «Содружество наук. Барановичи-2018»: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. молодых исследователей, 17 мая 2018 г.: в 3 ч. – Барановичи ; БарГУ, 2018. – Ч. 3 – С. 15-17.

4. AutoCAD 2016 [Электронный ресурс] - Режим досупа: <http://www.kavserver.ru/library/autocad2016usermanual.shtml>.

УДК 330.4(075.8)

**Ковальчук А. В.**

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

### **АВТОКОРРЕЛЯЦИЯ ОСТАТКОВ**

Одной из задач статистического исследования является построение теоретической модели социально-экономического явления с целью определения в дальнейшем прогнозных оценок данного явления. Общий вид такой модели  $Y_t = f(X_t) + \varepsilon_t$ . Коэффициенты находят, используя метод наименьших квадратов (МНК). При практическом проведении регрессионного анализа модели с помощью МНК необходимо обращать внимание на проблемы, связанные с выполнимостью свойств случайных отклонений модели, так как свойства оценок коэффициентов регрессии напрямую зависят от свойств случайного члена в уравнении регрессии. Для получения качественных оценок необходимо следить за выполнимостью предпосылок МНК (условий Гаусса-Маркова), нарушение МНК может давать оценки с плохими статистическими свойствами.

При изучении развития явления во времени часто возникает необходимость оценить степень взаимосвязи в изменениях уровней двух или более динамических рядов. В экономических рядах динамики часто наблюдается зависимость

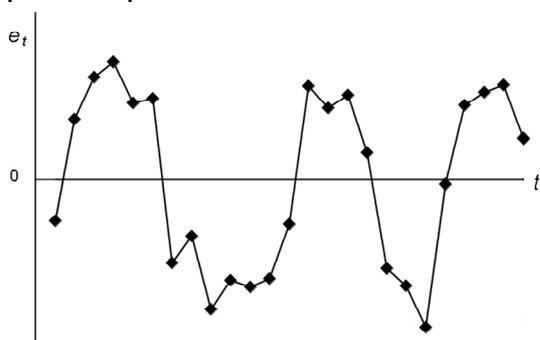
между последующими и предыдущими уровнями ряда, называемой автокорреляцией. *Автокорреляция* – это взаимосвязь последовательных элементов временного или пространственного ряда данных. В эконометрических исследованиях часто возникают и такие ситуации, когда дисперсия остатков постоянная, но наблюдается их ковариация. Это явление называют *автокорреляцией остатков*. При применении методов корреляционно-регрессионного анализа, автокорреляция должна быть исключена из каждого анализируемого ряда динамики. Однако, прежде чем устранять автокорреляцию, ее необходимо обнаружить.

Каждый временной ряд содержит в себе четыре основные компоненты: тенденцию, сезонность, цикличность и случайную компоненту. Свойства коэффициентов регрессии существенным образом зависят от свойств случайного члена. И для того, чтобы регрессионный анализ давал наилучший результат, случайный член должен удовлетворять четырем условиям Гаусса-Маркова. Одно из условий, а именно третье, говорит о том, что наблюдаемые значения случайных отклонений должны быть независимы друг от друга. Если данное условие не выполняется, то имеет место автокорреляция остатков.

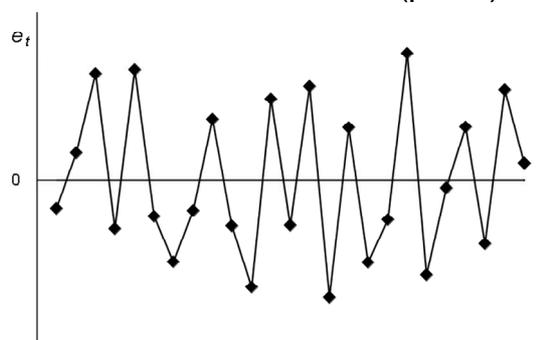
Среди наиболее часто встречающихся причин возникновения автокорреляции остатков выделяют следующие:

1. Наличие ошибок измерения результативного признака.
2. Усреднение значений (сглаживание колебаний) при получении данных по некоторому продолжительному промежутку времени.
3. Неучет в модели регрессии нескольких второстепенных факторов, совместное влияние которых обуславливает автокорреляцию из-за совпадений тенденций их изменений.
4. Неправильный выбор модели регрессии.
5. Эффект паутины (многие экономические показатели реагируют на изменение экономических условий с некоторым запозданием).
6. Инертность (изменение зависимой переменной под влиянием определенных факторов происходит не мгновенно, а с определенной инерцией).

Различают положительную и отрицательную автокорреляцию. Положительная автокорреляция наблюдается тогда, когда случайный член в следующем наблюдении ожидается того же знака, что и случайный член в настоящем наблюдении. На графике положительная автокорреляция проявляется в чередовании зон положительных и отрицательных остатков (рис.1). Отрицательная автокорреляция – это ситуация, при которой случайный член регрессии в следующем наблюдении ожидается противоположного знака по сравнению со случайным членом текущего наблюдения. Отрицательная автокорреляция остатков на графике выражается в том, что остатки «слишком часто» меняют знак (рис.2).



**Рисунок 1 – Положительная автокорреляция остатков**



**Рисунок 2 – Отрицательная автокорреляция остатков**

Обнаружение автокорреляции остатков может осуществляться одним из трёх методов:

1. Анализ графика остатков модели регрессии, т.е. по виду корреляционного поля делается вывод о наличии положительной либо отрицательной автокорреляции.

2. Метод рядов, когда последовательно определяются знаки остатков. Непрерывная последовательность одинаковых знаков называется рядом, а количество знаков в ряду – длиной ряда. Если рядов оказалось мало, то вполне вероятно наличие положительной автокорреляции, в противном случае – отрицательной.

### 3. Критерий Дарбина-Уотсона.

Наиболее известным критерием обнаружения автокорреляции остатков первого уровня является критерий **Дарбина-Уотсона**.

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2}$$

Согласно данной формуле величина d есть ни что иное, как отношение суммы квадратов разностей последовательных значений остатков к остаточной сумме квадратов по модели регрессии.

Рассмотрим пример. Имеются данные о численности населения Республики Беларусь за 2005-2019 гг. (на начало года). Исходные данные представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Расчетная таблица**

Год	Всего, тыс.чел. $y_t$	$t$	$t \cdot y_t$	$t^2$
2005	9697,5	-7	-67882,5	49
2006	9630,4	-6	-57782,4	36
2007	9579,5	-5	-47897,5	25
2008	9542,4	-4	-38169,6	16
2009	9513,6	-3	-28540,8	9
2010	9500,0	-2	-19000,0	4
2011	9481,2	-1	-9481,2	1
2012	9465,2	0	0,0	0
2013	9463,8	1	9463,8	1
2014	9468,1	2	18936,2	4
2015	9481,0	3	28443,0	9
2016	9498,0	4	37992,0	16
2017	9505,0	5	47525,0	25
2018	9491,0	6	56946,0	36
2019	9475,0	7	66325,0	49
$\Sigma$	142791,7	0	-3123,0	280

Для определения значение критерия Дарбина-Уотсона построим линию тренда. Для нахождения параметров уравнения тренда методом наименьших квадратов, составим расчетную таблицу 1. Решив систему уравнений, получаем параметры линейного тренда  $a_1$  и  $a_0$ .

$$\begin{cases} \alpha_0 n + \alpha_1 \sum t = \sum y \\ \alpha_0 \sum t + \alpha_1 \sum t^2 = \sum yt \end{cases}$$

$$\begin{cases} 15\alpha_0 + 0\alpha_1 = 142791,7 \\ 0\alpha_0 + 280\alpha_1 = -3213,0 \end{cases}$$

$$y_t^* = \alpha_0 + \alpha_1 t$$

$$y_t^* = -11,154t + 9519,447 \quad \text{– уравнение линии тренда.}$$

Используя уравнение линии тренда, рассчитываем теоретические значения уровней ряда и находим остатки, а также вычисляем все необходимые для дальнейших расчетов данные.

**Таблица 2 – Расчетная таблица**

Год	Всего, тыс.чел. $y_t$	$y_t^*$	$e_t = y_t - y_t^*$	$e_{t-1}$	$e^2$	$(e_t - e_{t-1})^2$	$e_{t-1} \cdot e_t$
2005	9697,5	9597,5	99,98		9995,00		
2006	9630,4	9586,4	44,03	99,98	1938,55	3130,51	4402,02
2007	9579,5	9575,2	4,28	44,03	18,34	1579,82	188,58
2008	9542,4	9564,1	-21,66	4,28	469,29	673,04	-92,72
2009	9513,6	9552,9	-39,31	-21,66	1545,20	311,49	851,43
2010	9500,0	9541,8	-41,76	-39,31	1743,48	5,98	1641,39
2011	9481,2	9530,6	-49,40	-41,76	2440,46	58,38	2062,99
2012	9465,2	9519,4	-54,25	-49,4	2942,74	23,49	2679,80
2013	9463,8	9508,3	-44,49	-54,25	1979,63	95,20	2413,75
2014	9468,1	9497,1	-29,04	-44,49	843,26	238,73	1291,95
2015	9481,0	9486,0	-4,99	-29,04	24,85	578,64	144,76
2016	9498,0	9474,8	23,17	-4,99	536,80	792,93	-115,61
2017	9505,0	9463,7	41,32	23,17	1707,59	329,53	957,45
2018	9491,0	9452,5	38,48	41,32	1480,48	8,08	1589,87
2019	9475,0	9441,4	33,63	38,48	1131,04	23,51	1294,12
$\Sigma$	142791,7			-33,64	28796,71	7849,35	19309,78

Алгоритм выявления автокорреляции остатков на основе критерия Дарбина-Уотсона следующий. Выдвигаются гипотезы:  $H_0$  – в остатках нет автокорреляции,  $H_1$  – в остатках есть положительная автокорреляция,  $H_2$  – в остатках есть отрицательная автокорреляция. Далее по таблице определяются критические значения критерия Дарбина-Уотсона  $d_1$  и  $d_2$  для заданного количества уровней ряда  $n$ , числа независимых переменных модели регрессии  $m$  и уровня значимости  $\alpha$ .

Полученное значение  $d$  сравнивается с критическими значениями  $d_1$  и  $d_2$ . При этом возможны следующие ситуации:

1. Если  $0 < d < d_1$ , то есть положительная автокорреляция остатков;
2. Если  $d_1 < d < d_2$  или  $(4-d_2) < d < (4-d_1)$ , то это указывает на неопределенность ситуации;
3. Если  $d_2 < d < (4-d_2)$ , то автокорреляция остатков отсутствует;
4. Если  $(4-d_1) < d < 4$ , то есть отрицательная автокорреляция остатков.



**Рисунок 3 – Анализ критерия Дарбина-Уотсона**

При неопределенности ситуации рассчитывается коэффициент автокорреляции остатков первого уровня:

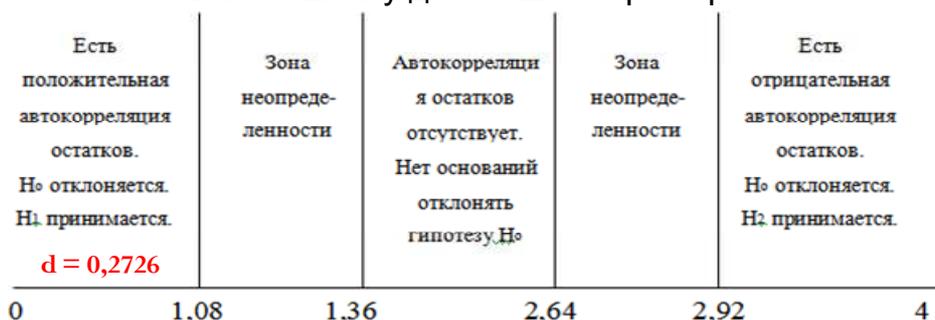
$$r_{(1)} = \frac{\sum_{t=2}^n e_t \cdot e_{t-1}}{\sum_{t=1}^n e_t^2}.$$

Автокорреляция отсутствует, если коэффициент не превышает по модулю критическое значение, если же он превышает критическое значение, то делается вывод о наличии автокорреляции в остатках: положительной, если  $r > 0$ , отрицательной, если  $r < 0$ .

Возвращаясь к примеру, подставляем данные из таблицы 4 находим значение критерия Дарбина-Уотсона.

$$d = \frac{7849,35}{28796,71} = 0,2726.$$

Далее по таблице находим критические значения критерия Дарбина-Уотсона для  $n=15$  и  $k=1$  при уровне значимости  $\alpha=0,05$ :  $d_1 = 1,08$  и  $d_2 = 1,36$ , и на основе этого составляем шкалу для нашего примера.



Таким образом, с вероятностью 95% можно говорить о наличии положительной автокорреляции остатков.

Между критерием Дарбина-Уотсона и коэффициентом автокорреляции остатков первого порядка существует следующая зависимость:

$$d \approx 2(1 - r_1).$$

Таким образом, при анализе динамических рядов часто возникает необходимость оценки взаимосвязи между уровнями ряда. Автокорреляцию в рядах динамики можно установить, коррелируя не сами уровни, а так называемые остаточные величины, или остатки. Самым распространенным методом является метод критерия Дарбина-Уотсона. Он позволяет определить наличие либо отсутствие автокорреляции остатков модели регрессии. Однако этот критерий применим только для выявления автокорреляции первого уровня остатков и дает достоверные результаты для больших выборок.

#### **Список цитированных источников**

1. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 25.04.2019.

2. Эконометрика: модель множественной регрессии: практическое пособие / Л. Н. Марченко, Ю. Е. Дудовская, Ю. В. Синюгина; М-во образования Республики Беларусь, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2016. – 48 с.

3. 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.

УДК 621.398

**Кульбеда Д. И.**

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

### **ВЫВОД ОПЕРАТИВНОЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА БАЗЕ УМНОГО ЗЕРКАЛА**

Системы типа «умное зеркало» представляют собой электронные бытовые приборы, выполняющие вывод какой-либо информации (в простейшем случае – времени и даты) поверх зеркалах. Такие разработки базируются на разных вариантах аппаратуры и зеркала. В основе зеркала обычно лежит стекло с наклеенной пленкой, обеспечивающей одностороннюю прозрачность, а в роли аппаратной части могут выступать самые разнообразные варианты (одноплатные компьютеры, планшетные ПК, полноценные ПК или просто блок электронных часов). При взаимодействии с внешними информационными системами «умные зеркала» могут выводить достаточно сложную информацию, например персональные напоминания [1–2]. Основной информацией системы типа «умное зеркало», представляемой в настоящей работе, является актуальная метеорологическая информация.

В настоящее время можно выделить достаточно большое число различных источников оперативных метеоданных. Их, в целом, можно разделить на две категории: бесплатные либо коммерческие онлайн-сервисы (1) и автономные метеорологические станции (2). Для поддержки множества подобных источников в системе предусмотрен модульный принцип использования провайдеров данных.

В качестве источника данных первой категории – онлайн-сервиса метеоданных для системы был выбран сервис OpenWeatherMap [3]. Цель проекта OpenWeatherMap – свободный API для получения метеорологических данных, таких как:

- интерактивная карта с данными о текущей погоде;
- недельный прогноз для населенного пункта;
- исторические данные;
- данные от 40 000 метеостанций по всему миру, получаемые в режиме online;
- различные web-карты, включая карты облаков, осадков, ветра, температуры и т. п.

Сервис OpenWeatherMap объединяет данные от погодных станций, а также прогнозы метеорологических служб и лабораторий. Эти данные сохраняются в базе данных, а после обработки превращаются в интерполированные данные о текущей погоде в любой точке мира.

Сервис OpenWeatherMap получает данные от профессиональных и частных погодных станций, большей частью – от профессиональных станций, которые установлены в аэропортах и крупных городах мира (включая станцию Брестского аэропорта). Кроме того сервис собирает уже обработанные данные о прогнозе погоды от двух метеослужб – американской NOAA, которая использует модель GFS, и канадской Environment Canada. Обе модели имеют большой шаг сетки – порядка 50 км и большой временной диапазон прогноза – 5-7 дней. Кроме того, для отдельных регионов рассчитываются более подробные, с меньшим шагом, модели. Разработчики объединяют данные разномасштабных прогнозов – от усредненных и глобальных, до локальных и более точных, соответственно. В результате OpenWeatherMap использует для крупного масштаба глобальные прогнозы, а в процессе увеличения загружаются все более и более детальные данные. Сервис OpenWeatherMap объединяет такие точные локальные модели вместе с глобальными.

Сервис OpenWeatherMap предоставляет API к данным о погоде, включая их историю, прогнозы и погодные карты. Для получения следующих наборов данных используется формат JSON:

- данные о погоде в более чем 120 тысячах городов;
- данные о текущей погоде в выбранной точке по координатам широты и долготы;
- прогноз на 7 дней в компактной или в полной форме;
- исходные данные, полученные от метеостанций;
- данные о погоде за прошедшие периоды.

В качестве источника данных второй категории в представляемой разработке выступают автоматизированные метеорологические станции. Основные показатели, измеряемые такими станциями – это температура воздуха, скорость и направление ветра, высота нижней границы облачности, балльность и тип облачности, солнечная радиация/длительность периода солнечного света, температура почвы, относительная влажность, атмосферное давление на уровне станции, осадки, толщина снежного покрова.



**Рисунок 1 – Метеостанция CairoBase в стандартном варианте комплектации и система мониторинга осадков CairoRain**



В качестве примера источника данных – автономной метеорологической станции — при апробации системы была выбрана метеостанция CairoBase, расположенная на территории Брестского государственного технического университета. Данная станция работает на принципе интернет-доступа и способна работать как от электросети, так и от солнечной энергии. CairoBase собирает данные с напрямую подключенных датчиков (а также с беспроводных сенсорных узлов) и посылает их на центральный сервер [4]. Опциональной является загрузка данных на компьютер через интерфейс USB. Внутренняя память позволяет хранить данные за 2 года. CairoBase используется для мониторинга погодных условий, влажности почвы, уровня воды, осадков и др. Метеостанция CairoBase и система мониторинга осадков CairoRain представлены на рисунке 1.

Входящая в состав станции система мониторинга осадков CairoRain с сенсором CairoRTN измеряет осадки и передает данные на веб-сервер. Низкое энергопотребление обеспечивает работу системы более 3 месяцев от полностью заряженной батареи. CairoRain используется для мониторинга осадков, систем предупреждений о наводнениях и т. д.

Также CairoBase может комплектоваться системой мониторинга уровня воды, состоящей из базовой станции, датчиков уровня воды и центральной веб-платформы. К одной станции можно подключить датчики уровня воды разного типа. Основной блок непрерывно сохраняет данные. При этом, если уровень воды меняется, передача данных происходит каждые 10 минут, что позволяет своевременно определить вероятность наводнения. Благодаря бесконтактному принципу работы станция практически не нуждается в обслуживании. Станции уровня воды могут использоваться для мониторинга рек, водохранилищ, систем управления водными ресурсами и систем рассылки предупреждений.

Подключение датчиков осуществляется через интерфейс с CairoWave – беспроводной сенсорный узел, представляющий собой центральный элемент беспроводной сенсорной сети CAIPOS. CairoWave поддерживает 4 аналоговых датчика и 1 цифровой, и выполняет пересылку данных на базовую станцию CairoBase. CairoBase в свою очередь сохраняет данные и передает их на веб-сервер.



**Рисунок 2 – Интерфейс для подключения датчиков CairoWave, датчик температуры воздуха и относительной влажности, дождемер, датчик уровня воды**

На рисунке 3 изображена станция CairoBase Lite, установленная на территории Брестского государственного технического университета, а также подключение датчиков к монтажной плате этой самой метеостанции.



**Рисунок 3 – Станция CairoBase Lite, расположенная на территории БрГТУ, подключение датчиков к монтажной плате CairoWav, а также разработанное электронное табло с выводом информации**

Передача данных с метеостанции на веб-сервер осуществляется с использованием сотовой связи. Для того чтобы получить данные со станции, можно использовать стандартный способ, который используется во многих метеостанциях – получение данных с облачного хранилища (веб-сервиса). Получать доступ к веб-сервису можно в ручном режиме либо настроить программу для автоматического запроса и получение данных. На таком принципе работает программный измерительный модуль, разработанный для проекта – модуль отправляет запрос на веб-сервер в формате JSON.

#### **Список цитированных источников**

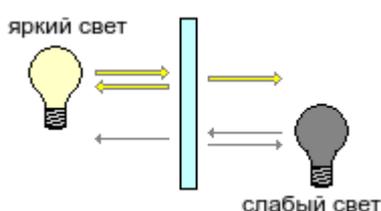
1. Low J. Two-Way Mirrors [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.jimloy.com/physics/mirror0.htm> – Дата доступа: 11.07.2012.
2. Иванейко, С. Smart-зеркало под управлением Android [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tech.onliner.by/2019/01/08/mirror-4> – Дата доступа: 08.01.2019.
3. OpenWeatherMap [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://openweathermap.org/current> – Дата доступа: 25.08.2014.
4. Метеостанция CairoBase [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.caipos.com/ru/products/cairobase/> – Дата доступа: 16.08.2017

## ВСТРАИВАЕМОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ ТАБЛО С ФУНКЦИЕЙ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Интеллектуальные информационные устройства – агрегаторы информационного контента с функцией автоматической идентификации пользователей – находятся в рамках технологии персональных цифровых помощников, которая получила дополнительное ускорение в последние годы, выйдя за пределы более традиционных наладонных компьютеров и смартфонов, с появлением стационарных домашних «виртуальных ассистентов» типа Amazon Alexa [1].

Основной концепцией данной работы является встраивание системы в элементы интерьера. Основой предлагаемой разработки является комплексный подход, при котором выполняется встраивание информационной системы в элементы интерьера и идентификация пользователя, взаимодействующего с данными элементами интерьера, на основе технологий распознавания образов для выдачи ему персонализированных визуальных оповещений, агрегированных из различных заранее настроенных под данного пользователя источников информации.

В качестве элемента интерьера для встраивания системы предлагается зеркало Гезелла [2]. Зеркала Гезелла в действительности представляют собой стёкла, покрытые тонким слоем металла – так, что часть падающего на поверхность стекла света отражается, а часть проходит насквозь. При этом насквозь свет проходит в обоих направлениях. Принцип действия зеркала и пример использования для системы вывода информации представлен на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Зеркало Гезелла: принцип действия (слева) и использование в качестве дисплея (справа)**

Если таким стеклом отгородить хорошо освещённое помещение от слабо освещённого, то со стороны светлого помещения оно будет казаться зеркалом, а с другой стороны оно будет выглядеть затемнённым окном. Это объясняется тем, что со стороны освещённого помещения отражение будет маскировать свет, проходящий сквозь стекло из тёмного помещения. А со стороны тёмного помещения картина будет обратная: проходящий сквозь стекло свет будет более интенсивным, чем отражённый.

Использование первых полупрозрачных стёкол относят на счёт американского психолога А. Л. Гезелла. Впоследствии усовершенствованные полупрозрачные зеркальные стёкла получили его имя.

Одним из основных материалов напыления, используемых при изготовлении, является титан. Поскольку титан очень стойкий металл к внешним воздействиям, такие полотна практически не имеют ограничений по применению в различных условиях. В зависимости от применяемых примесей металлов и их оксидов получают разнообразные цвета зеркальных стёкол (голубое, бирюзовое, золотое и синее, зеленое, стальное и др.) с различной степенью отражения.

Такие стёкла часто используются архитекторами в конструкции новых зданий. Также они активно применяются для оборудования переговорных комнат, комнат служб безопасности, психологов (в особенности детских). Психологи наблюдают за детьми через зеркало Гезелла, не мешая им, что позволяет детям вести себя естественно и позволяет верно оценить педагогическую ситуацию.

Для организации информационного табло, встроенного в зеркало Гезелла, предлагается специализированная микропроцессорная система, при разработке которой ключевую роль играют следующие факторы [3]:

- минимальное собственное энергопотребление (при необходимости автономного питания);
- незначительные габариты и вес;
- минимальная собственная защита (корпус) благодаря прочности и жёсткости конструкции элемента интерьера;
- функции отвода тепла (охлаждения), обеспечивающие минимум требований тепловых режимов. Если плотность теплового потока (тепловой поток, проходящий через единицу поверхности) не превышает  $0,5 \text{ мВт/см}^2$ , перегрев поверхности устройства относительно окружающей среды не превысит  $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , такая аппаратура считается не теплонагруженной и не требует специальных схем охлаждения.

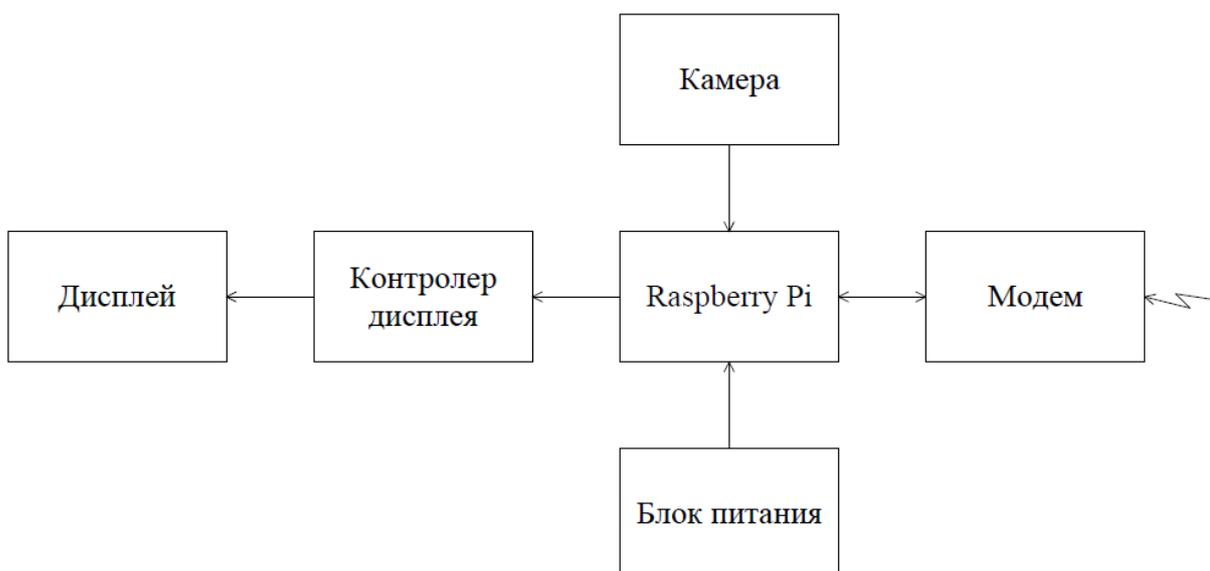
В части человеко-машинного взаимодействия основной особенностью данной системы является умение распознавать пользователя и выводить персонализированную информацию на табло. Система распознает пользователя, используя встроенную оптическую камеру. Для определения лица в системе применяется функционал библиотеки OpenCV, построенный на классификаторе каскадов Хаара [3]. Данный алгоритм находит лица с высокой точностью и низким количеством ложных срабатываний.

Признак Хаара состоит из смежных прямоугольных областей. Они позиционируются на изображении, далее суммируются интенсивности пикселей в областях, после чего вычисляется разность между суммами. Эта разность и будет значением определенного признака, определенного размера, определенным образом спозиционированного на изображении.

На этапе обнаружения используется метод Виолы-Джонса, когда окно установленного размера движется по изображению, и для каждой области изображения, над которой проходит окно, рассчитывается признак Хаара. Наличие или отсутствие предмета в окне определяется разницей между значением признака и обучаемым порогом [4, 5]. Поскольку для описания объекта с достаточной точностью необходимо большее число признаков, в методе Виолы-Джонса признаки Хаара организованы в каскадный классификатор.

При использовании интегрального представления изображения, признаки Хаара могут вычисляться за постоянное время (примерно 60 процессорных инструкций на признак из двух областей).

В комплексе, устройство, реализующее данную концепцию, состоит из следующих основных модулей:



**Рисунок 2 – Структурная схема устройства**

Дисплей, закрепленный с обратной стороны зеркала, обеспечивает собственнo вывод информации пользователя, контроллер дисплея выполняет подключение дисплея с одноплатным компьютером. Камера также подключена к одноплатному компьютеру и передает непрерывный поток изображения, кадры которого анализируются с помощью библиотеки OpenCV для поиска пользователя и его идентификации. В качестве одноплатного компьютера используется платформа Raspberry Pi. Также в системе предусмотрен блок питания, который запитывает устройство для работы от сети 230 В, и модем, обеспечивающий устройству доступ в сеть для обмена данными – загрузки персонализированного контента для конкретного пользователя [6].

В качестве операционной системы выбрана GNU/Linux.

На рисунке 3 показан прототип действующего экрана устройства, выводящий в качестве персонального контента преднастроенную информацию о погоде:



**Рисунок 3 – Пример работы системы**

В результате работы устройство выполняет фоновую агрегацию контента, рассчитанного на конкретного пользователя, а отображение информации на дисплее, скрытом в элементах домашнего интерьера, позволяет выполнять неотвлекающее информирование конкретного распознанного системой пользователя по интересующим его вопросам без полного переключения фокуса

внимания, что, в свою очередь, снижает психологическую нагрузку от необходимости частого переключения контекста, а также повысит своевременность получения нужных сведений – от прогноза погоды и загруженности транспортных магистралей до любых отслеживаемых пользователем событий.

#### **Список цитированных источников**

1. Echo & Alexa - Amazon Devices [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.amazon.com/Amazon-Echo-And-Alexa-Devices/b?ie=UTF8&node=9818047011>. – Дата доступа: 08.04.2018.
2. Low, J. Two-Way Mirrors [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.jimloy.com/physics/mirror0.htm> – Дата доступа: 11.07.2012.
2. Калачев, А. Высокопроизводительные многоядерные процессоры для встраиваемых систем // Компоненты и технологии. – № 2. – 2010. – С. 92–102.
3. Справочник по OpenCV с примерами кода [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://opencv-tutorial.ru/> – Дата доступа: 08.04.2018.
4. Viola, P. Robust real-time face detection / P. Viola, M. J. Jones // International Journal of Computer Vision. – Vol. 57. – No. 2. – 2004. – P.137–154.
5. Viola, P. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features / P. Viola, M. J. Jones // Proceedings IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2001), 2001.
6. Буслюк, В. В. О возможностях применения в вузах аутентификации на основе персональных устройств / В. В. Буслюк, Д. А. Костюк, Д. И. Кульбеда, Н. А. Терешкевич, В. А. Юхно. // Свободное программное обеспечение в высшей школе : материалы XIII конференции / Переславль, 26–28 января 2018 года. – М.: Альт Линукс, 2018. – С. 45–49.

УДК 519.863 + 004.588

**Николаев М. В.**

**Научные руководители: ст. преподаватель Хомицкая Т. Г., ст. преподаватель Лизун Л. В.**

### **РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О НАЗНАЧЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРЕМЫ ХОЛЛА**

**Введение.** Нередко в реальной жизни возникает проблема, когда необходимо сопоставить объекты одного типа объектам другого типа. Например, будучи лидером некоторой группы людей, необходимо назначать по одному человеку, ответственному за определённую работу. При этом известна оценка, как каждый человек из группы справляется с различными работами. Речь идёт про задачу о назначениях. Автором разработано приложение, которое призвано обучить пользователя решению этой задачи на базе теоремы Холла. Приложение демонстрирует работу алгоритма, предоставляя информацию об этапах и порядке выполнения решения, позволяет быстро найти все решения задачи и проверить качество усвоения пользователем метода решения.

**Постановка задачи о назначениях.** Группа из  $n$  станков  $A_1, A_2, \dots, A_n$  должна выполнять  $n$  видов работ  $B_1, B_2, \dots, B_n$ . Эффективность использования  $i$ -го станка на  $j$ -й работе определяется мерой эффективности  $c_{ij}$ , где  $i, j=1, 2, \dots, n$ . Найти оптимальную расстановку станков по видам работ (т. е. такую расстановку, при которой суммарная эффективность назначения окажется наибольшей).

#### **Алгоритм решения и демонстрация работы программы**

**Теорема Ф. Холла о существовании системы различных представителей.** Система  $M(S) = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$  имеет систему различных представителей

тогда и только тогда, когда для любой подсистемы  $\{S_{i_1}, S_{i_2}, \dots, S_{i_k}\} \subseteq M(S)$  выполняется неравенство:  $|\bigcup_{j=1}^k S_{i_j}| \geq k$ , т. е. количество элементов в объединении любых подмножеств должно быть не менее  $k$  [1].

Алгоритм состоит в подборе чисел  $u_i$  и  $v_j$ , и опирается на следующее утверждение:

Пусть  $A = [a_{ij}]$ ,  $i, j=1, \dots, n$  – матрица целых чисел. Тогда

$$\max_{\pi} \sum_{i=1}^n a_{i\pi(i)} = \min_{u_i + v_j \geq a_{ij}} \left( \sum_{i=1}^n u_i + \sum_{j=1}^n v_j \right).$$

Минимум суммы  $(\sum_{i=1}^n u_i + \sum_{j=1}^n v_j)$  достигается на перестановке  $\pi$  такой, что  $u_i + v_{\pi(i)} = a_{i\pi(i)}$ ,  $\forall i=1, \dots, n$ .

Начинаем решение задачи с поиска чисел  $v_j$ ,  $u_i$  по следующему правилу:

$U_i$  выбирается как максимальный элемент по строке  $i$ .  $V_j$  заполняется нулями. Будем выполнять построение  $u_i$  и  $v_j$  в виде векторов, присоединённых справа и снизу к матрице эффективностей соответственно (рисунок 1).

	A1	A2	A3	A4	A5	$U_i$
B1	6	4	3	3	2	6
B2	8	8	5	8	6	8
B3	16	14	16	17	9	17
B4	9	8	7	7	3	9
B5	14	11	10	12	6	14
$V_j$	0	0	0	0	0	

**Рисунок 1 – Присоединение векторов  $U_i$  и  $V_j$  к матрице эффективностей**

Затем заполняется матрица совпадений по следующему правилу: ставим «\*» в те позиции, где для элементов матрицы ценностей и найденных  $u_i$  и  $v_j$  выполняется равенство:  $u_i + v_j = a_{ij}$  (рисунок 2).

**Рисунок 2 – Заполнение матрицы совпадений**

	A1	A2	A3	A4	A5
B1	*				
B2	*	*		*	
B3				*	
B4	*				
B5	*				

По матрице совпадений строятся множества совпадений. В множество совпадений  $S_i$  добавляем номер столбца  $j$ , если элемент матрицы совпадений в  $i$ -й строке и  $j$ -м столбце отмечен знаком «\*» (рисунок 3).

	Сет 1	Сет 2	Сет 3
S[1]	1		
S[2]	1	2	4
S[3]	4		
S[4]	1		
S[5]	1		

**Рисунок 3 – Заполнение множества совпадений**

Затем выясняется, имеют ли множества совпадений систему различных представителей. Для этого проверяется выполнимость условий теоремы Холла. Чтобы система множеств имела систему различных представителей, необходимо (по теореме Холла), чтобы для любого объединения, которое можно составить из этих множеств, количество элементов, попавших в объединение, было не меньше, чем число множеств, образующих объединение.

При этом построение объединений начинается с самого наибольшего, и при каждом построении проверяется условие теоремы Холла. Если ни на одном из объединений условия теоремы Холла не нарушаются, то система различных представителей найдена (она определяется по матрице совпадений) и работа алгоритма заканчивается.

Если же найдётся объединение, где условие теоремы Холла нарушается, дальнейшее объединение строить не нужно. В этом случае необходимо на одну и ту же величину (например, на единицу) уменьшить числа  $u_i$  и увеличить числа  $v_j$  по следующему правилу: если множество  $S_i$  участвовало в объединении, уменьшаем число  $u_i$ ; если элемент  $j$  входит в объединение, то увеличиваем число  $v_j$ .

После изменения чисел  $u_i$  и  $v_j$  повторяются этапы построения матрицы совпадений, множеств совпадений, проверки условия теоремы Холла и изменения чисел  $u_i$  и  $v_j$  до тех пор, пока условия теоремы Холла не будут выполнены.

Выполнение условий теоремы Холла означает, что система множеств имеет систему различных представителей, и работа алгоритма закончена. По

	B1	B2	B3	B4	B5
1 Combination	5	4	3	2	1
2 Combination	5	2	4	3	1
3 Combination	3	5	4	2	1
4 Combination	1	5	3	2	4
5 Combination	2	5	4	3	1

последней матрице совпадений можно записать все возможные назначения станков на выполнение работ и подсчитать суммарную эффективность этих назначений (рисунок 4).

**Рисунок 4 – Результат работы программы: назначение механизмов на работы**

**Процесс реализации приложения.** Приложение разрабатывалось при помощи Qt – кроссплатформенный фреймворк для разработки программного обеспечения на языке программирования C++. Разработка приложения проходила в рамках совмещения процедурного и объектно-ориентированного подхода. Основной алгоритм программы вынесен в отдельный модуль и представляет собой набор функций для обработки данных в визуальных формах. Пользовательский интерфейс реализован в виде набора классов, каждый из которых представляет одно или несколько окон и реализует обработку данных только для этих окон, однако может обмениваться данными с остальными окнами (классами).

Приложение имеет следующие окна:

- Главное окно программы;
- Окно инициализации исходных данных;
- Окно результата;
- Окно сохранения данных;
- Окно загрузки данных;
- Окно вопросов (для режима контроля пользователя).

Приложение имеет 3 режима работы. Обычный режим работы предназначен для быстрого и эффективного решения задачи и демонстрации решения пользователю. Режим обучения пользователя предназначен для пошагового выполнения алгоритма с последовательным появлением таблиц с решением задачи (рисунки 1 – 4). Каждый этап алгоритма выполняется в главном окне программы и сопровождается пояснениями, появляющимися в текстовом поле в левой части окна. Таблицы также появляются на главном окне, дополняя друг друга но не перекрывая, поэтому у пользователя нет необходимости воз-

вращаться назад по алгоритму. Режим «контроль» предназначен для проверки знаний пользователя и включает в себя как теоретические вопросы по алгоритму, так и его практическое выполнение (заполнение таблиц, описанных ранее, вручную), и дальнейшую проверку введенных данных. По окончании режима контроля пользователю предоставляется окно результата, содержащее информацию о количестве вопросов, ошибок, попыток ввода и времени прохождения режима контроля.

Кроме основных функций, программа даёт возможность сохранить исходные данные в виде файла в выбранной директории или загрузить предварительно сохранённый файл с данными.

**Описание используемых алгоритмов.** Данные хранятся в виде объекта (модели), содержащего двумерный массив. Простая обработка на первом этапе имеет сложность  $O(n^2)$  (при поиске максимального элемента, построении матрицы и множества совпадений).

Для проверки выполнимости теоремы Холла используется построение всех возможных сочетаний без повторений. Сложность этого участка алгоритма определяется формулой:

$$C_n^k = \frac{n!}{(n-k)! * k!}$$

где  $n$  – размерность квадратной матрицы, а  $k$  – число объединяемых множеств, в худшем случае изменяется от  $n$  до 2 (этот этап алгоритма прерывается, как только находится объединение множеств, которое нарушает условия теоремы Холла). Отсюда видно, что сложность  $O(n!)$ .

Для поиска элементов на каждой итерации используется бинарный массив, где 1 в позиции  $i$  означает, что множество с индексом  $i$  будет участвовать в объединении, а 0 – не будет.

Последний этап алгоритма заключается в поиске среди отмеченных элементов множеств всех возможных назначений механизмов на работы и заключается в рекурсивном вызове функции назначения.

Пусть  $n$  – размерность матрицы эффективности, а индекс  $i$  содержится во множестве совпадений  $n$ . Это означает, что механизм под номером  $n$  может быть назначен на работу под номером  $i$ . Запомним номер  $i$ , и теперь будем искать назначение для  $n-1$  механизма на работу с номером  $j \neq i$ , не допуская назначения механизму  $n-1$  работы  $i$ , так как её уже выполняет механизм под номером  $n$ . Сложность этого участка алгоритма в худшем случае  $O(n^n)$ , однако реально, благодаря предварительным этапам алгоритма, она сводится к произведению размеров каждого из множеств совпадений:

$$O\left(\prod_1^n m_j\right),$$

где  $m_j$  – размер множества совпадений  $S_j$ . Зачастую число  $m_j$  близко к 1, и всегда натуральное.

Ниже представлен фрагмент программного кода (рисунок 5), реализующий вышеописанный алгоритм назначения механизмов на работы при помощи рекурсии.

Cur\_union – номер механизма, которому ищем работу.

Sys\_representers – массив, содержащий множества представителей (можно считать обычным двумерным массивом).

Result – массив, содержащий все возможные назначения механизмов на работы.

Index – номер строки в таблице результатов.

```

void find_all_combinations(QVector<QSet<int>> &Sys_representers,
    QVector<QVector<int>> &result,int cur_union=0,int *index=nullptr)
{ if (cur_union==0) //initialisation of index in result_sets
  { index=new int;
    *index=0;
  }
  foreach(int Set_value, Sys_representers[cur_union])
  { if (result[*index].indexOf(Set_value)==-1)
    { result[*index]<<Set_value;
      //if it's not last set, do it recursively
      if (cur_union+1!=Sys_representers.size())
      { find_all_combinations(Sys_representers,
                            result,cur_union+1,index);
        if (cur_union+1<=result[*index].size())
          result[*index].pop_back();
      }
    }
    else //last set is handling now
    { if (result[*index].size()==Sys_representers.size())
      //and if result[index] is full-size
      { QVector<int>* filler=new QVector<int>(result[*index]);
        //previous variant is saved
        (*index)++;
        result.push_back(*filler);//new one is created
        result[*index].pop_back();
      }
    }
  }
}

```

**Рисунок 5 – Листинг фрагмента программного кода**

**Практическое применение.** Приложение вводится в эксплуатацию для обучения студентов по предметам «Системный анализ и исследование операций», «Дискретная математика и математическое моделирование».

**Список цитированных источников.**

1. Иванов, Б. Н. Дискретная математика. Алгоритмы и программы: учеб. пособие. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001. – 288 с.

УДК 004.94

**Привалов А. О.**

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

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СЕТЕВЫМИ ВИДЕОПОТОКАМИ**

**Введение**

С развитием технологий и общества человечество стремится получать всё большее количество различной информации, возникла потребность в резком увеличении её поступления. Для этих целей начали создаваться новые способы передачи информации, так как основными сдерживающими факторами увеличения количества информации стали способы её передачи и сохранения. Раньше для получения информации требовалось посетить

другой город либо поехать в другое место и купить носитель информации в виде книги или чего-то другого. На протяжении всей человеческой истории количество различных событий постоянно повышается.

В современном мире происходит большое количество различных событий, что требует не только оперативной реакции на различные события, но и правильное их освещение. Происходящие каждый день мероприятия, такие как концерты, показы, выставки, театральные и оперные постановки и различные телевизионные, интернет-программы и передачи имеют различный характер и особенности.

Поэтому возникла необходимость в универсальной системе, которая сможет правильно осветить мероприятие. Данная система должна иметь гибкую структуру, широкий функционал и иметь различные вариации реализации, как стационарные, так и мобильные.

Но возник вопрос в правильном и удобном способе освещения таких мероприятий, несмотря на их разноплановость. Требовалось создать систему правильного съёма информации из окружающей среды. Данная система должна иметь гибкую структуру, широкий функционал и иметь различные вариации реализации, как стационарные, так и мобильные.

Решением проблемы освещения мероприятий стало создание системы многокамерной съёмки. Данная система позволяет принимать видеопоток с различных источников, таких как камеры, персональные компьютеры и др., и производить управления данными видеопотоками, формируя единый поток, который впоследствии и будет смотреть зритель. Система многокамерной съёмки имеет гибкую структуру, которая зависит от целевых параметров. Системы многокамерной съёмки могут конфигурироваться под различные задачи как мобильного, так и стационарного плана. Такие системы используют в кино, на телевизионных каналах, концертах и во многих других сферах человеческой жизни. Для увеличения скорости реакции на различные мероприятия были придуманы и созданы ПТС – передвижные телевизионные станции.

## **1. Обзор известных решений**

Рассмотрим видеомикшеры от компании Blackmagic Design, так как продукция данной компании крайне популярна, как решение управления видеопотоков [1]. При этом имеются также и другие решения [2, 3].

В широчайшем ассортименте продукции, выпускаемой компанией Blackmagic Design, важное место занимает линейка видеомикшеров ATEM. На сегодняшний день компания выпускает три линейки микшеров: ATEM Broadcast Studio 4K, ATEM Production Studio 4K и ATEM Television Studio HD [4]. Первые две уже неплохо известны специалистам. ATEM 2 M/E Broadcast Studio 4K представляет собой мощный 20-входовый микшер 12G-SDI, оптимизированный для работы в реальном времени. Он поддерживает высокую кадровую частоту (HFR) и формат Ultra HD, оснащен модулем DVE, ядром многослойной обработки SuperSource, четырьмя встроенными медиаплеерами, шестью каналами рирпроекции, двумя полиэкранными процессорами HD и другим функционалом. Линейка ATEM Production Studio 4K – это первые в мире видеомикшеры Ultra HD, специализированные под прямые трансляции. Они снабжены входами 6G-SDI для работы с сигналами SD, HD и Ultra HD. В линейку входят модели ATEM 2 M/E Production Studio 4K, ATEM 1 M/E Production Studio 4K и ATEM Production Studio 4K. Микшер ATEM Production Studio 4K имеет восемь входов, к которым можно подключить источники SD, HD и Ultra HD 4K. В состав функций входят все, присущие профессиональным микшерам, включая рирпроекцию, переходы, аудиомикшер, полиэкранный выход, а также интерфейсы 6G-SDI и HDMI 4K, чего ранее

в профессиональных видеомикшерах не было. Число входов видео – 8 (4×6G-SDI + 4×HDMI), выходов видео – шесть, входов/ выходов аудио – 4/2+2 (2×XLR+2×SDI). Есть также вход опорного сигнала. А для подключения консоли управления служит порт 10/100/1000 BaseT. Он же может использоваться для подключения к сети. В комплекте с микшером поставляется программная консоль управления – приложение в версиях для операционных систем Mac OS X (10.10 Yosemite, 10.11 El Capitan или более свежих) и 64-разрядных Windows 8.1 и Windows 10. Для вывода сигналов Tally требуется дополнительный модуль Blackmagic Design GPI and Tally Interface, подключаемый через Ethernet.

## 2 Структура разрабатываемой системы

Исходя из вышесказанного, рассмотрим структуру простейшей ПТС, в состав которой входят рассмотренные видеомикшеры:



**Рисунок 1 – Структурная схема простейшей ПТС**

Как видно из рисунка 1, системообразующим элементом ПТС является видеомикшер. Видеомикшер – устройство, используемое для выбора между несколькими различными источниками видеопотока и в некоторых случаях для комбинирования (смешивания, микширования) видеоисточников и добавления к ним спецэффектов. Данный прибор также может иметь множество другого функционала, который зависит от производителя. Производителей видеомикшеров множество, среди них значатся Panasonic, BlackmagicDesign, DATAVIDEO и др. Количество поддерживаемых устройств, тип входов и выходов у видеомикшера варьируется от производителя до ценового сегмента. Количество каналов начинается с 4 и заканчивается 64. Главной проблемой многокамерной съёмки является оперативное управление видеопотоками. Без данного фактора невозможно корректно и правильно передать требуемую информацию.

Первым пунктом для управления множеством видеопотоков является их отображения для выбора требуемого видеопотока. Для этих целей все видеопотоки входят в определённое устройство, которое обрабатывает каждый видеопоток отдельно и транслирует его на экран. Для этих целей разрабатываются специальные способы структурирования входящей информации. Например, в видеомикшера вся входящая информации отображается на широкоформатном экране в виде большого количества небольших окошек, в каждом из которых отображается входящий видеопоток. Каждое окошко пронумеровано, и режиссёр видит номер требуемого видеопотока, что упрощает оперирование большим количеством видеопотоков.

После выбора очередного видеопотока режиссёр осуществляет переключение (при помощи режиссёрского пульта) транслируемого видеопотока на выбранный. В зависимости от аппаратуры способ переключения видеопотоков различается, и производители видеомикшеров и других средств управления сетевых видеопотоков не афишируют. Но исходя из открытой информации, можно сделать вывод, что происходит переключение входных видеопотоков таким образом, чтобы на выход подавался выбранный видеопоток.

### **Заключение**

Таким образом, становится понятно, что системы управления сетевыми видеопотоками крайне сложны и имеют сложную и разветвлённую архитектуру. Также некоторые компании-производители создают такие системы управления видеопотоками, при которых оператор данной системы может удалённо изменять параметры входящих и исходящих видеопотоков, таких как цветокоррекция, изменения характеристик устройства, предоставляющая видеопоток изменение положения такого устройства если оно это предусматривает.

Везде, где требуется управление несколькими видеопотоками, присутствуют системы управления видеопотоками. Такие системы крайне разнообразны, имеют различный функционал и конфигурацию в зависимости от назначения. Например, системы видеонаблюдения на охраняемых объектах, кроме самой записи входящих видеопотоков позволяют удалённое подключение и переключение видеопотоков для лучшего наблюдения над требуемым объектом. А удалённость такого управления обеспечивается сетью Ethernet, что позволяет удалённо получать информацию о состоянии наблюдаемого объекта.

Можно сделать вывод, что системы управления сетевыми видеопотоками распространены в современном мире и используются для различных целей. Их распространённость обуславливается тем, что они имеют широкий функционал и допускают множество различных способов подключения и управления над входящими видеопотоками.

### **Список цитированных источников**

1. Современные эфирные видеомикшеры. – Режим доступа: <https://www.blackmagicdesign.com/ru/products/atem> – Дата доступа: 30.03.2019.
2. Управление потоками в сети. – Режим доступа: [https://www.itv.ru/products/intellect/core\\_functionality/streams.php](https://www.itv.ru/products/intellect/core_functionality/streams.php) – Дата доступа: 30.03.2019.
3. Гибкая оптимизация потокового видео. – Режим доступа: <http://video.moxa.ru/overview/optim/> – Дата доступа: 30.03.2019.
4. Видеомикшеры АТЕМ Техника для профессиональной работы с SD, HD и Ultra HD. – Режим доступа: <https://www.blackmagicdesign.com/ru/products/atem/workflow> – Дата доступа: 30.03.2019.

UDK 004.925.86

**Rakhlei V.**

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

## **APPLET FOR THE GEOMETRIC INTERPRETATION OF THE DERIVATIVE**

When we start to speak about derivative we start to speak about slope. Everybody know the exact definition of the derivative.

Let  $f(x)$  is a function determined at points  $x_1$  and  $x_2$ ,  $y_1 = f(x_1)$  and  $y_2 = f(x_2)$  are corresponding values of the function. Then  $\Delta x = x_2 - x_1$  is called the **increment of the argument** and  $\Delta y = f(x_2) - f(x_1)$  is called the **increment of the function** in the line segment  $[x_1; x_2]$ .

**Definition (Derivative of a function at the  $x$ )** If

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} = f'(x)$$

exists, it is called the **derivative** of  $f(x)$  at  $x$  and the function is said to be **differentiable** at  $x$  [1].

First we can tell what the idea of a derivative is. But the issue of computing derivatives is another thing entirely: a person can understand the idea without being able to effectively compute, and vice-versa.

Suppose that  $f(x)$  is a function of interest for some reason. We can give  $f(x)$  some sort of «geometric life» by thinking about the set of points  $(x; y)$  so that  $f(x) = y$ .

We would say that this describes a curve in the  $(x; y)$ -plane. (And sometimes we think of  $x$  as «moving» from left to right, imparting further intuitive or physical content to the story).

For some particular number  $x_0$ , let  $y_0$  be the value  $f(x_0)$  obtained as output by plugging  $x_0$  into  $f(x)$  as input. Then the point  $(x_0; y_0)$  is a point on our curve. The tangent line to the curve at the point  $(x_0; y_0)$  is a line passing through  $(x_0; y_0)$  and «flat against» the curve. (As opposed to crossing it at some definite angle).

**Definition (Tangent line to a curve)** The tangent line to the graph of the function  $f(x)$  at the point  $P(x; y)$  is the limiting position of the secant lines  $PQ$ , as  $Q$  approaches  $P$ , along the curve [2].

**Definition (Slope of a curve)** The slope of a nonvertical line is defined as the ratio of the change in ordinates to that of change in abscissa [2].

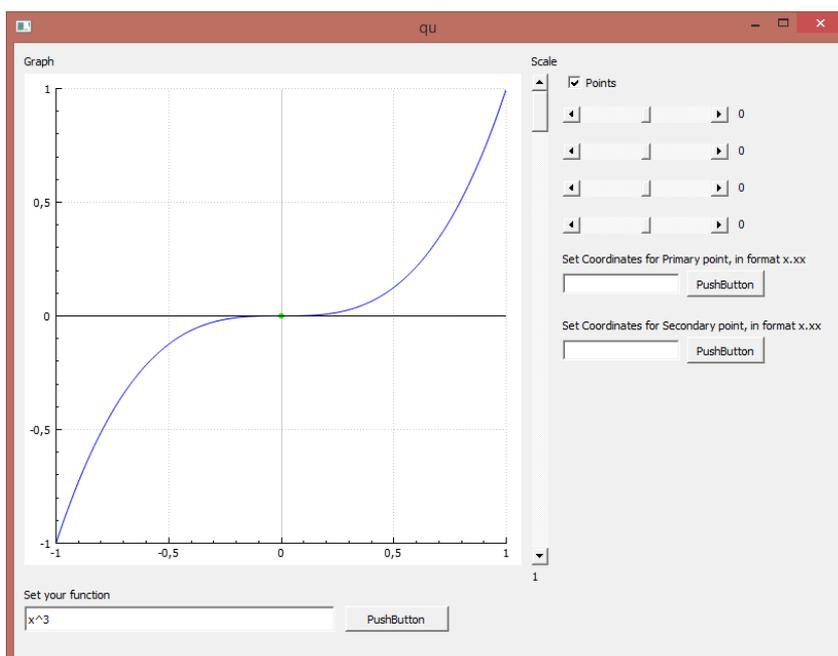
**Geometric interpretation of the derivative.** The derivative  $f'(x_0)$  is the slope of the tangent line at  $x_0$  to the curve  $y = f(x)$  at the point  $(x_0; y_0 = f(x_0))$ .

But this isn't the way to compute these things...

Now let us speak about applet to see geometric interpretation of the derivative.

A function  $y = g(x)$  is plotted with a thick blue curve this is done simply by keyboard (see Picture 1). The point  $(a; g(a))$  (i.e., the point on the curve with  $x = a$ ) is plotted as a large red point, and its position you can change by setting coordinates

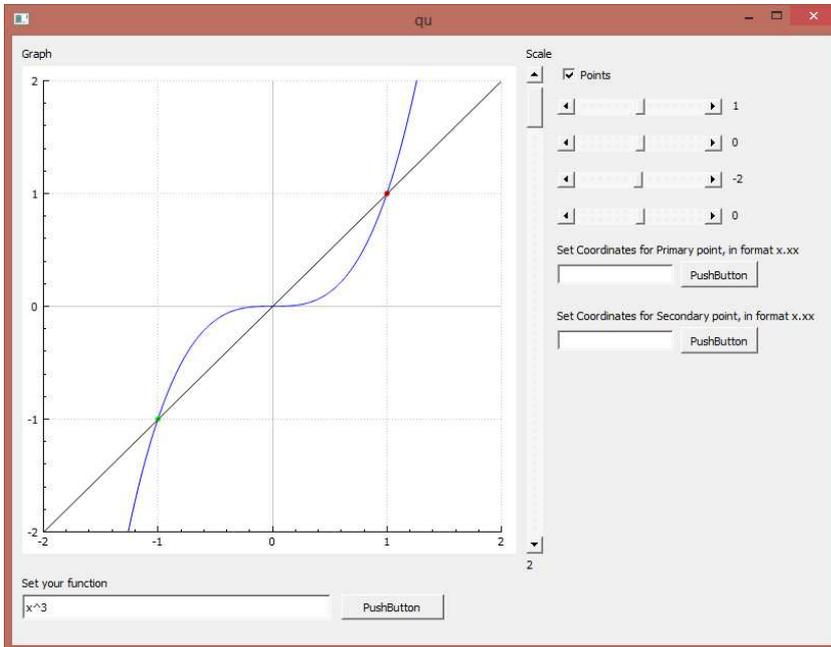
of point by keyboard, or with mouse. Initial position of this point is  $x = 0$ . On the picture  $a = 1$  and the red point has coordinates  $(a; g(a)) = (a; a^3) = (1; 1)$ .



**Picture 1**

The green point, that is invisible at the beginning shows the point on the curve with  $x = a + h$ , where you can change  $h$  by dragging the blue point on

the slider with your mouse. On the picture  $h = -2$  and the green point has coordinates  $(a+h; (a+h)^3) = (-1; -1)$ . The black line through the green and red points has slope given by  $\frac{g(a+h) - g(a)}{h}$  (see Picture 2).



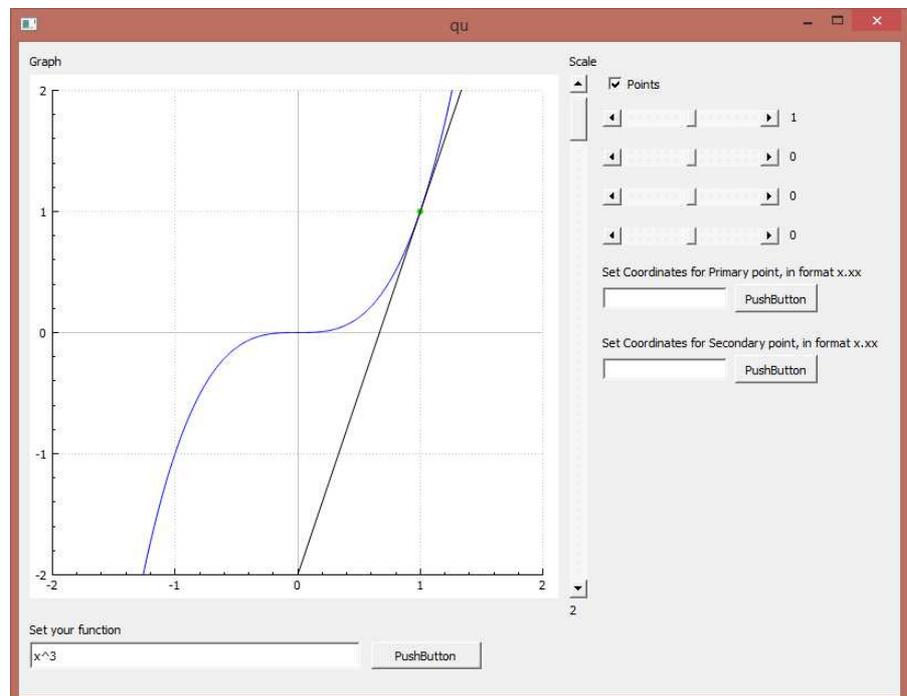
**Picture 2**

As you decrease  $h$  toward zero, this slope of the black line approaches the derivative  $g'(a)$ , as the above expression in this limit is exactly the limit definition of the derivative.

As  $h$  approaches zero, this expression approaches the above definition of the

derivative  $g'(a)$ . Hence, the slope of the black line approaches the derivative  $g'(a)$  (see Picture 3).

**Picture 3**



**References:**

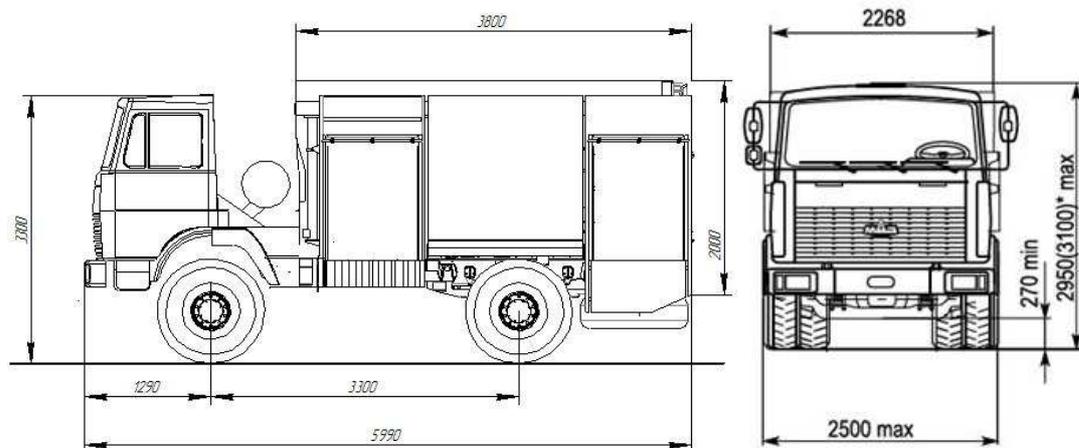
1. Высшая математика для инженеров : в 2 т. / С. А. Минюк [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Микулина. – Минск : ООО «Элайда», 2004. – 2 т.
2. Introduction to Differential Calculus: Systematic Studies with Engineering Applications for Beginners / Rohde U.L. [et al.] . – USA : Wiley, 2012.
3. Вся высшая математика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

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ АВТОЦИСТЕРНЫ АЦ-5,0-40 С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПАС-3D

Актуальность выбранной темы обусловлена практически повсеместным использованием трехмерной графики в различных отраслях и сферах деятельности, знание которой становится все более необходимым для полноценного развития личности. Нынешнее время без преувеличения можно считать сменой эпох в проектировании и конструировании изделий в самых разных областях производства: на смену плоским технологиям приходят новые, основанные на трехмерном моделировании. Для повышения знаний и опыта в изучении возможностей твердотельного моделирования в среде КОМПАС-3D была построена трехмерная модель пожарной автоцистерны АЦ-5,0-40, т. к. наша специальность 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» связана с автомобилями. В итоге, у нас получилась трехмерная модель пожарной автоцистерны АЦ-5,0-40, которую можно использовать для последующей презентации при изучении курса лекций «Техническая эксплуатация автомобилей».

Пожарная автоцистерна АЦ-5,0-40 предназначена для тушения пожаров водой из цистерны, открытого водоема или водопроводной сети, а также воздушно-механической пеной с использованием вывозимого пенообразования. Автоцистерна служит для доставки к месту пожара боевого расчета, пожарного оборудования, воды и пенообразования. Изготовлена на шасси автомобиля МАЗ высокой проходимости. Цистерна изготовлена из усиленного армированного волокнистого стеклопластика с интегрированным пенобаком. Возможность использования автоцистерны в качестве автомобиля воздушно-пенного тушения, способность к самозатуханию при воздействии открытого источника пламени. Кузовная надстройка – каркас из углеродистого стального профиля. Пожарный насос от 40 до 70 л/с, центробежный, нормального давления или комбинированный с рукавной катушкой 90 м и стволом-распылителем [1].

По имеющимся чертежам общего вида (рисунок 1), мы приступили к созданию трехмерной модели пожарной автоцистерны АЦ-5,0-40 в графическом редакторе КОМПАС-3D.



**Рисунок 1 – Основные размеры пожарной автоцистерны АЦ-5,0-40**

При создании 3D-деталей в графическом редакторе КОМПАС-3D использовались операции вращения, выдавливания, кинематическая операция [2].

Хотим отметить, что графический редактор КОМПАС-3D очень прост в использовании и самостоятельном освоении его функций. Это доказывает, что основные элементы нашей пожарной автоцистерны АЦ-5,0-40 мы смогли выполнить в одной 3D-модели.

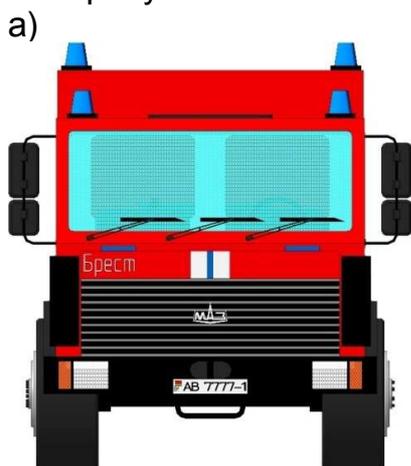
Пожарная автоцистерна АЦ-5,0-40 была смоделирована с полной детализацией конструкции. При создании сборки использовалось сопряжение компонентов: совпадение, соосность, расположение элементов на заданном расстоянии. Результат нашей работы вы видите на рисунке 2.



**Рисунок 2 – 3D-модель пожарной автоцистерны АЦ-5,0-40**

Основное преимущество визуализации 3D-модели заключается в том, что она гораздо нагляднее набора чертежей объекта и более понятна для потенциального клиента. Визуализация позволяет вовремя скорректировать возможные ошибки, допущенные на стадии проектирования, а значит, избежать лишних затрат на этапе реализации любого проекта.

Для сравнения результатов наглядности 3D-модель пожарной автоцистерны АЦ-5,0-40 (рисунок 3а) и ее фото (рисунок 3б) можно посмотреть на приведенном рисунке 3.



**Рисунок 3 – Сравнение результатов наглядности**

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

Твердотельное моделирование – более естественный способ выразить суть изделия. Лучшее визуальное представление изделия помогает и на последующих стадиях проекта. Например, из модели можно автоматически получить изображение всех компонентов в разобранном виде и использовать его в качестве иллюстрации в инструкции по сборке [3].

Тонированные изображения, полученные по объемным моделям, более наглядны по сравнению с двумерными чертежными проекциями, а значит – более предпочтительны для презентаций и технических статей. КОМПАС-3D позволяет четко и ясно демонстрировать проекты заказчикам – в первую очередь тем, кто не является специалистом в техническом черчении [3].

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

#### **Список цитированных источников**

1. Преснов, А. И. Пожарные автомобили: учебник водителя пожарного автомобиля / А. И. Преснов, А. Я. Каменцев, А. Г. Иванов [и др.]. – Санкт-Петербург : СПбУ ГПС МЧС России, 2006. – 507 с.

2. Корнеев, В. Р. КОМПАС-3D на примерах: для студентов, инженеров и не только... / В. Р. Корнеев, Н. В. Жарков, М. А. Минеев, М. В. Финков – Санкт-Петербург : Наука и техника, 2017. – 272 с.

3. Дмитрук, В. В. 3D-моделирование грузового автомобиля МАЗ-5551 в графическом редакторе КОМПАС-3D / В. В. Дмитрук, Д. И. Сидорук // Проблемы водохозяйственного строительства и охраны окружающей среды : сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов : в 2 ч. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: Н. Н. Шалобыта (гл.ред.) [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2018. – Ч. 1. – С. 111–113.

**ПРОБЛЕМЫ  
МАШИНОСТРОЕНИЯ  
И ЭКСПЛУАТАЦИИ  
АВТОМОБИЛЬНОГО  
ТРАНСПОРТА**

УДК 621.9-05

*Антоновский П. А., Деткович Ю. В.*

*Научные руководители: к. т. н., доцент Григорьев В. Ф.,  
ст. преподаватель Дакало Ю. А.*

## **ПРОВЕРКА ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ МОБИЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ СВЯЗИ**

Для обеспечения рационального технического обслуживания и последующего ремонта была поставлена задача сравнения возможностей мобильных устройств и приложений для проведения периодических шумовых испытаний технологического оборудования в цеховых условиях.

В условиях производства, как правило, шумы различной интенсивности и спектра образуются вследствие работы различного технологического оборудования. Повышенный шум при работе может свидетельствовать о чрезмерном износе основных узлов и механизмов. Поэтому необходимо своевременно производить оценку шумовых характеристик станков.

В качестве стандартных шумовых характеристик станков по ГОСТ 33972.5-2016 установлены следующие:

- октавные и скорректированные уровни звуковой мощности;
- октавные уровни звукового давления и уровни звука на рабочем месте оператора.

Помимо этих характеристик, могут устанавливаться дополнительные, например, уровень звука в наиболее шумной точке на расстоянии 1 м от поверхности станка, или октавные уровни звукового давления и уровни звука в контрольных точках, располагаемых в местах наиболее частого присутствия персонала [1].

При измерении шумовых характеристик обычно ограничиваются использованием скорректированной частотной характеристики А шумомера, моделирующей особенности восприятия шума человеческим ухом. В качестве аппаратуры для измерения уровней звука и октавных уровней звукового давления используют шумомеры 2-го класса в соответствии с ГОСТ 17187-81.

Использование специализированных приборов для стандартизованного контроля уровня шума требует определенных финансовых затрат. Для контроля и сравнительного анализа шумовых характеристик станков на рабочих местах предлагается использовать мобильные устройства связи (смартфоны). Современные мобильные устройства связи имеют полноценный шумоизмерительный тракт, а также вычислительные возможности для экспресс-определения стандартных шумовых характеристик станков. Проанализировав характеристики приложений и сравнив их возможности, для дальнейшего рассмотрения были выбраны следующие: Spectroid, SPL-анализатор и Spectrum Analyzer.

Приложение Spectroid - это анализатор аудиоспектра в реальном времени с разумным разрешением по всему частотному спектру. Spectroid работает с любыми звуковыми колебаниями, включая человеческий голос, выполняя над ними быстрое преобразование Фурье и разбивая их на частотные составляющие. Когда микрофон преобразует звук в напряжение, звуковая карта работает как очень быстрый цифровой вольтметр, измеряющий напряжение от 11025 до 44100 раз в секунду. В результате выборки удастся получить ряд чисел. Они воссоздаются в виде синусоиды в рабочем окне программы. Помимо этого, любой звук может быть показан в виде комбинации синусоидальных волн различных частот. Математически это разделение на

составляющие частоты называется преобразованием Фурье. Лучший из всех возможных алгоритмов называется быстрым преобразованием Фурье. Таким образом, окно программы «Spectroid» показывает спектральный состав звука. Преобразование Фурье показывает спектр аудиосигнала в линейном масштабе, что может быть полезно при исследовании гармоник.

Анализатор октавных частотных интервалов способен показывать спектры на 1/12, 1/6, 1/3 и полнооктавном разрешении. Горизонтальная ось представляет частоту, а вертикальная – амплитуду соответствующей частоты, измеряемую в децибелах.

Spectroid использует dbfs сигнал - опорный сигнал (мощность, напряжение) соответствующий полной шкале аналого-цифрового преобразователя, где 0 дБ – максимальная мощность, которую может измерить микрофон. Значения в децибелах отрицательны, потому что за отсчётный уровень (соответствующий 0 дБ) взят уровень максимальной мощности данного устройства. Поскольку для нормального аудиоцентра максимальная мощность – это пиковая мощность, на которой акустическая система может работать без повреждений, то все остальные уровни будут ниже отсчётного.

Недостатком программы является различная импульсная характеристика и незначительные отклонения частоты. Преимущество состоит в эффективном генерировании спектра, который лучше соответствует частотному разрешению восприятия звука человеком.

Приложение Spectrum Analyzer даёт данные спектра в реальном времени от микрофона устройства. Существует ряд недостатков бесплатной версии продукта: цвет графика не может быть изменен; нет никаких вариантов усреднения, таких как (1/3, 1/6 и т.д.); отсутствует сглаживание октав; на некоторых устройствах изначально невозможно запустить программу.

Анализатор спектра звука (SPL-анализатор) измеряет и анализирует уровень звукового давления (амплитуда в децибелах) и звуковой спектр частот в реальном времени (RTA) с использованием БПФ (быстрое преобразование Фурье).

Шумомер ОКТАВА-110 А – это портативный недорогой интегрирующий шумомер 1-го класса точности по ГОСТ 17187-2010 (МЭК 61672). Особенности устройства являются сменные микрофоны, возможность подключения к компьютеру, графическое представление временной истории акустических событий, воспроизведение и повторное измерение записанных акустических сигналов, встроенный канал телеметрии для удаленных пользователей.

В таблице 1 приведены результаты сравнительного анализа характеристик шумомера Октава 110-А 1-го класса точности [2] и мобильных приложений.

Анализ характеристик бесплатных версий мобильных приложений, имеющих в свободном доступе, показал, что выбранные приложения не уступают по возможностям шумомерам 1-го класса точности и могут использоваться для анализа и мониторинга шумовых характеристик эксплуатируемого оборудования. Для проведения испытаний было принято приложение SPL Анализатор спектра звука.

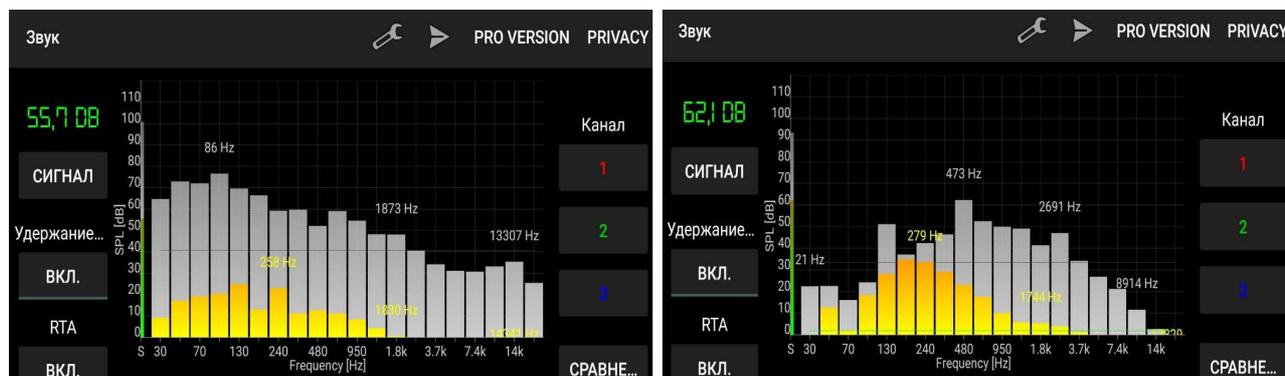
С целью подтверждения возможности применения мобильных приложений для анализа шума станков в условиях производства были произведены цеховые замеры уровня шума на холостом ходу токарно-винторезных станков КУСОН-3 (номинальная мощность электродвигателя  $P=7,5$  кВт) и D460 (номинальная мощность электродвигателя  $P=5,5$  кВт). Измерение уровня шума станка КУСОН-3 проводилось при частоте вращения шпинделя  $n=1000$  мин<sup>-1</sup>, станка D460 – при  $n=2000$  мин<sup>-1</sup>.

**Таблица 1 – Характеристики шумомера и мобильных приложений**

Технические характеристики		Шумомер Октава-110А	Spectroid	Spectrum Analyzer	SPL Анализатор спектра звука
Диапазон измерения, дБ	A, дБА	22-139	30-140	22-139	22-139
	C, дБС	22-139	22-143	-	22-140
	Z, дБZ	22-142	-	-	-
Уровень собственных шумов при калибровочной поправке 0 дБ	A, дБА	10	18	24	12
	C, дБС	11	22	-	14
	Z, дБZ	14	-	-	-
Частотные фильтры		Октавный фильтр 31,5-16000 Гц	Октавный фильтр 31,5-16000 Гц	Октавный фильтр 31,5-12000 Гц	Октавный фильтр 30-14000 Гц
Динамический диапазон		≥100дБ	≥100дБ	≥100дБ	≥100дБ
Частотная коррекция		A,C,Z	A,C	A	A,C
Количество каналов измерения		1	1	1	3
Класс точности		1	2	2	2
Интерфейсы		Телеметрия; USB передача данных	Телеметрия, фотография экрана	Фотография экрана, передача данных по Bluetooth	Телеметрия, передача данных AUX, Bluetooth; фотография экрана

Другое оборудование, кроме проверяемого, в момент проведения измерений не работало. Измерения производились мобильным устройством с операционной системой Android на расстоянии 1 м от поверхности станка.

Спектрограммы уровней звуковой мощности испытываемых станков для указанных условий представлены на рисунке.



а)

б)

**Рисунок – Спектрограммы уровней звуковой мощности станков КУСОН-3 (а) и D460 (б)**

Полученные в результате измерений значения сравнивались с допустимыми уровнями звуковой мощности  $L_p$  (таблица 2).

**Таблица 2 – Результаты измерений и допустимые значения шумовых характеристик станков**

Модель станка	Уровни звуковой мощности $L_p$ , дБА, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
КУСОН-3	73	79	60	63	65	60	64	71
D460	24	51	45	63	51	45	35	25
Допустимые значения по ГОСТ 12.2.107-85	95	95	95	95	92	90	88	86

Как видно из таблицы 2, уровень звуковой мощности не превышает допустимых значений. Следует отметить, что испытания станка КУСОН-3 проводились не на максимальной частоте  $n=1600 \text{ мин}^{-1}$  ввиду его изношенности.

Таким образом, результаты проведённых испытаний шумовых характеристик показывают возможность оценки технического состояния оборудования мобильными устройствами связи.

#### **Список цитированных источников**

1. Определение эквивалентных уровней звуковой мощности металлорежущих станков в процессе их эксплуатации. Методические рекомендации / М. П. Козочкин, В. Д. Кузнецов. – М.: ЭНИМС. 1983. – 27 с.
2. Приборостроительное объединение Октава-ЭлектронДизайн [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.octava.info/octava-110A> – Дата доступа: 07.04.2019.

УДК 637.523.31

**Блаженец П. Г.**

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

### **РАЗРАБОТКА ВАКУУМНОЙ ВИБРОФАРШЕМЕШАЛКИ**

В зависимости от конструкции фаршемешалки бывают открытого типа и вакуумные. В последнее время получают применение вакуумные виброфаршемешалки, описанные в работе [1].

Подробное описание конструкций фаршемешалок изложено в работах [1] и [2]. Основным параметром фаршемешалок является ёмкость дежи. Ёмкость дежи является основным критерием определения производительности фаршемешалок.

**Классификация фаршемешалок по ёмкости дежи.** В настоящее время отсутствует классификация фаршемешалок по ёмкости дежи. Каждый изготовитель выпускает фаршемешалки различной ёмкости.

Для классификации фаршемешалок по ёмкости дежи за основу расчета принимается ёмкость тележки-чана, с помощью которого производится межоперационное транспортирование мясного сырья на мясокомбинатах. Ёмкость тележки-чана составляет 200 литров, коэффициент её загрузки составляет 0,8. Поэтому приготовленный в фаршемешалке фарш загружается в тележку-чан в количестве 160 литров. Дежа фаршемешалки заполняется мясным сырьем с коэффициентом 0,65-0,7. Таким образом, для изготовления фарша объемом 160 литров применяется фаршемешалка объемом дежи 250 литров.

Аналогично рассчитывается емкость дежи фаршемешалок для заполнения 2, 3 и т. д. тележек-чанов, которые сведены в таблицу 1.

**Таблица 1 – Классификация фаршемешалок по емкости дежи.**

Емкость дежи вакуумной виброфаршемешалки, л	Количество тележек-чанов
250	1
450	2
670	3
910	4
1140	5
1350	6

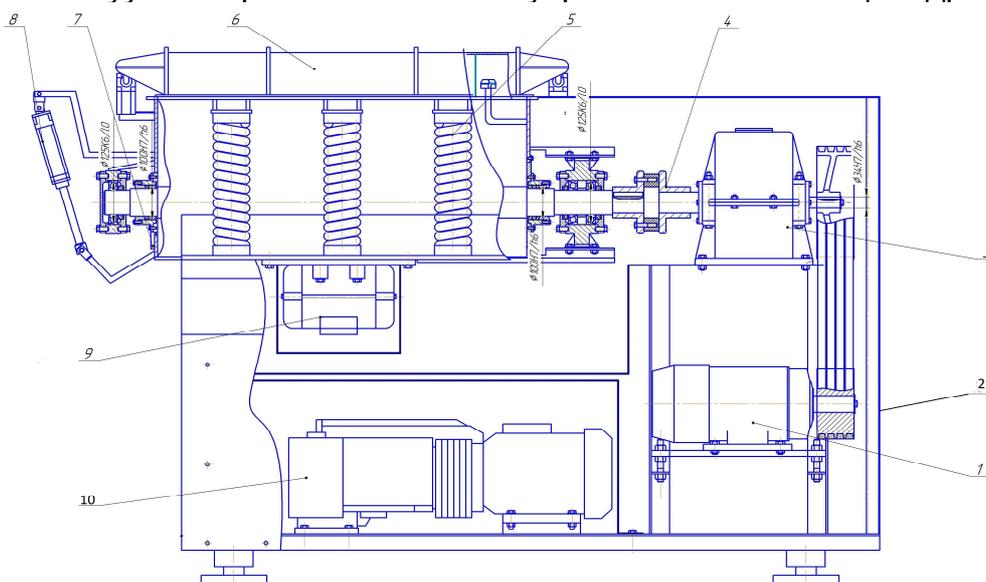
Специалистами научно-исследовательской и проектно-конструкторской лаборатории “Комплекс” Брестского государственного технического университета разработаны фаршемешалки емкостью дежи 250 л и 670 л. Остаётся разработать фаршемешалки емкостью дежи 450, 910, 1140, 1350 литров

**Описание схемы и принципа действия вакуумной виброфаршемешалки.**

Вакуумная виброфаршемешалка (рис. 1) состоит из следующих основных частей: 1 – электродвигатель; 2 – шкив; 3 – высокоэластичная муфта; 4 – подшипники; 5 – шнэк; 6 – вибровозбудитель; 7 – виброопора; 8 – вал шнека; 9 – редуктор.

Фарш загружается в дежу, после чего дежа закрывается вакуумной крышкой 3. Затем включается вакуумный насос 10 и выкачивает из дежи с фаршем воздух. От электродвигателя 1 вращение передаётся через клиноременную передачу на редуктор 9, который обеспечивает независимое вращение двух месильных валов. Колебания дежи вместе с фаршем обеспечивается вибровозбудителем 9. При этом высокоэластичные муфты 4 обеспечивают компенсацию амплитуды по отношению к неподвижным валам редуктора в пределах до 5–7 мм.

При загрузке других ингредиентов необходимо отключить главный привод, вибровозбудитель и вакуумный насос. При этом создается атмосферное давление внутри дежи. Далее открывается вакуумная крышка 6 и загружаются дополнительные ингредиенты фарша. Затем процесс включения повторяется. Готовый фарш выгружается в тележки-чаны под воздействием месильных органов при открытых заслонках 7. Вакуумная крышка и заслонки управляются пневмоцилиндрами.



**Рисунок 1 – Схема вакуумной виброфаршемешалки**

Технические характеристики вакуумной виброфаршемешалки емкостью дежи 250 л:

Емкость дежи – 250 л.

Мощность – 5.5 квт.

Угловая частота вращения шнека – 19 об/мин.

На данную конструкцию фаршемешалки получен патент ВУ11982 У 2019.04.30. «Вакуумная виброфаршемешалка» [3]. Прототипом для предлагаемой разработки является вакуумная виброфаршемешалка Я2-ФФД [1] и [2]. Предлагаемая виброфаршемешалка оснащена электромагнитным вибровозбудителем и высокоэластичными муфтами, с помощью которых упрощается конструкция виброфаршемешалки и обеспечивается повышение эффективности посола мясного сырья и перемешивания колбасного фарша.

#### **Перспективы серийного производства вакуумной виброфаршемешалки.**

Данная конструкция не представляет технической сложности для освоения на отечественных машиностроительных предприятиях. Данная работа представляет собой техническое предложение и является основой для разработки и постановки на производство вакуумной виброфаршемешалки. Разработано ТЭО и подана заявка в Брестский облисполком для включения в региональную научно-техническую программу развития Брестской области.

Предполагаемый изготовитель вакуумной виброфаршемешалки – ОАО «ТоргМаш» (г. Барановичи).

#### **Список цитированных источников**

1. Блаженец, П. Г. Анализ современных фаршемешалок. Перспективы дальнейшего развития оборудования для перемешивания мясного сырья / П. Г. Блаженец // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов. – Часть 1 – 2018 – УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест. 2018 г.; редкол.: Н. Н. Шалобита [и др.]. – Брест: БрГТУ, 2018. – С. 153.

2. Ивашов, В. И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности: учеб. пособие. – Ч. 2 / В. И. Ивашов. – СПб: ГИОРД, 2003. – 259, 260, 272.

3. Вакуумная виброфаршемешалка : патент ВУ11982 У 2019.04.30.

УДК 620.179.18

**Вацкель Р. С.**

**Научные руководители: Парфиевич А. Н., Сокол В. А.**

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ МНОГОВАЛЬНЫХ СИСТЕМ И ПРИВОДОВ НА ОСНОВЕ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ**

Искусственная нейронная сеть является математической либо программной или аппаратной моделью, моделирующей принципы организации и функционирования биологических нейронных сетей, и состоит из соединенных и взаимодействующих между собой вычислительных элементов – нейронов. Теория искусственных нейронных сетей возникла на стыке наук и имеет целью моделирование биологической нейронной сети для достижения таких свойств систем, как способность к обучению, самоорганизации и адаптации. На сегодняшний день существует достаточно большое количество архитектур искусственных нейронных сетей, которые, благодаря своим особенностям, например в процессе обучения выявлять сложные зависимости в наборе данных, с успехом применяют при решении таких сложных инженерных задач, как распознавание образов,

классификация, прогнозирование, системы контроля и т. д. Более того, нейронные сети обладают рядом достоинств и преимуществ в сравнении с традиционными решениями. Вот только некоторые из них: высокая степень параллелизма обработки информации; способность к обобщению, адаптация к изменениям окружающей среды; распознавание зашумленных образов; низкий уровень ресурсоемкости и т. д. Задачи классификации – традиционно сильная сторона искусственных нейронных сетей, что и повлияло на выбор инструмента при диагностировании зубчатых приводов на наличие повреждений с их помощью. В ходе проводимых исследований производилась попытка применения искусственных нейронных сетей в целях диагностики многозубчатых приводов на основе зубчатых передач.

Одним из объектов исследования был выбран горизонтальный редуктор с цилиндрическими прямозубыми колесами. Источником информации о его текущем состоянии послужил акустический шум, сформированный аппаратно-программным комплексом [1] на основе данных, полученных с измерительного микрофона с капсулем M101. Для определения частот вращения входного и выходного валов и частот характерных составляющих анализируемого сигнала применялись одновременно преобразователи угловых перемещений. На одном из колес редуктора моделировался эксплуатационный локальный дефект в виде скола зуба. Замеры проводились для каждого состояния (25%, 50%, 75% длины зуба и без зуба) в количестве 25 раз для накопления необходимого объема данных. Результаты, полученные при использовании серийных колес, приняты эталонными.

Спектр акустического сигнала при всей его информативности несет в себе большое количество значащих частотных составляющих от всех элементов исследуемого объекта, и сокращение их количества может привести к потере необходимой информации при диагностировании. Исходя из анализа ряда литературных источников [2, 3], наиболее важные данные об изменяющемся состоянии исследуемого объекта несут амплитуды следующих частотных составляющих анализируемого сигнала:

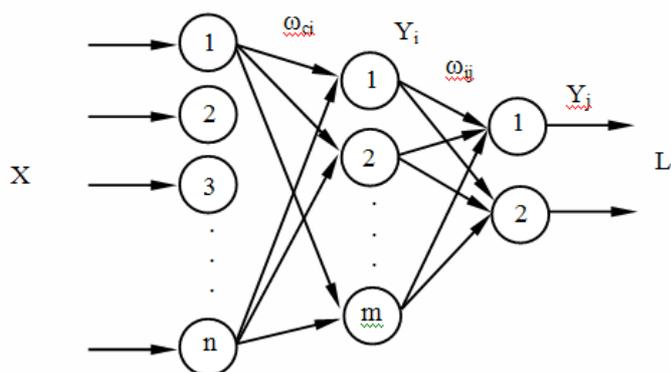
- низкочастотные составляющие, кратные частоте вращения элементов привода  $f_0$ ;
- высокочастотные составляющие с частотами пересопределения зубьев всех зубчатых пар  $f_z$ , а также на кратных им частотах;
- составляющие колебаний с комбинированными частотами  $lf_z \pm nf_0$ , возникающими вследствие различного рода модуляций сигнала ( $l, n=0,5; 1; 1,5; 2$  и т. д.).

Определение этих компонентов «вручную» из чрезмерно насыщенного спектра акустического сигнала очень трудоемко, что привело к разработке и реализации в программной части комплекса новой функции «Анализ гармоник», позволяющей автоматически получать значения всех составляющих, формирующих диагностические признаки, представленные на рисунке 1.

Колесо 2														
i	Амплитуда гармоники на частоте											sum(A(Fzi+Foj))	sum(A(Fzi+Foj)) / A(Fzi)	
	A(Foi)	A(Fzi)	A(Fzi + Foj)											
	j=-5	j=-4	j=-3	j=-2	j=-1	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5				
1	0,237009	6,017869	0,820085	0,192204	0,287693	0,220321	2,071783	2,224251	1,559735	1,14674	0,308101	0,540163	9,37107588	1,557208461
2	0,063169	1,472707	0,433618	0,548085	1,148993	0,902555	0,377979	2,036774	0,202278	0,193993	0,573049	0,997208	7,414531295	5,03462593
3	0,020478	0,355105	0,214795	0,193796	0,395307	0,108041	0,372475	0,190251	0,149133	0,145043	0,38692	0,194643	2,350404969	6,618902952
4	0,040479	0,072486	0,085729	0,05163	0,046388	0,058757	0,053527	0,052429	0,030435	0,031189	0,053337	0,059587	0,523007746	7,215259745
5	0,028994	0,022321	0,039665	0,043817	0,08142	0,051337	0,02948	0,025064	0,03492	0,036893	0,021584	0,044416	0,408596828	18,30584384
Итого	0,390129	7,940488	1,593892	1,029532	1,9598	1,341012	2,905244	4,528769	1,9765	1,553859	1,342991	1,836017		
sum(A(2)..A(N)) / A(1)	0,646051	0,319485												

**Рисунок 1 – Экспериментальные данные, полученные с помощью функции комплекса «Анализ гармоник»**

Полученный объем экспериментальных данных был разбит на 5 классов в зависимости от состояния зуба и применен при решении задачи классификации. В качестве классификатора была выбрана многослойная нейронная сеть с одним скрытым слоем, состоящим из нейронов Кохонена [4]. Структура нейронной сети приведена на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Структура нейронной сети**

Произведем детализацию предлагаемого классификатора. Первый слой нейронных элементов предназначен для распределения входных сигналов на нейроны Кохонена скрытого слоя. Размерность входного слоя (количество нейронов во входном слое) определяется размерностью анализируемых данных. В нашем случае используются данные размерностью, равной 60, следовательно, количество нейронов распределительного слоя равно  $n = 60$ . Входными сигналами являются параметры, сформированные на основе функции аппаратно-программного комплекса «Анализ гармоник», представленные на рисунке 1.

Второй, скрытый, слой искусственной нейронной сети состоит из нейронов Кохонена. Слой Кохонена играет ключевую роль в классификации данных и осуществляет кластеризацию входного пространства образов, в результате чего образуются кластеры различных образов, каждому из которых соответствует свой нейронный элемент. Оптимальное количество нейронов в скрытом слое Кохонена определяется экспериментально, и могут отличаться от разновидности задач, структуры данных и т. д. В нашем случае эксперименты показали хорошие результаты при количестве нейронов в скрытом слое равном  $m = 30$ . Для обучения слоя Кохонена используется конкурентный метод обучения [4, 5]. Суть данного метода обучения заключается в том, что в процессе обучения происходит конкуренция между нейронными элементами, в результате чего определяется нейронный элемент-победитель, который характеризует класс анализируемых данных. Для определения нейрона-победителя используется Евклидово расстояние между входным и весовым векторами, определяемое следующим образом:

$$D_i = |X - \omega_i| = \sqrt{(X_1 - \omega_{1i})^2 + (X_2 - \omega_{2i})^2 + \dots + (X_c - \omega_{ci})^2}, \quad (1)$$

где  $\omega_{ci}$  – весовой коэффициент между  $c$ -м нейроном распределительного слоя и  $i$ -м нейроном слоя Кохонена,  $X = [X_1, X_2, \dots, X_n]$  – входной образ.

В процессе обучения синаптические связи для нейрона-победителя усиливаются, а для остальных нейронов не изменяются. Таким образом, после обучения ИНС, при подаче входного образа активность нейрона-победителя принимается равной единице, а остальные нейроны «сбрасываются» в нуль [4–6]. Такое правило обучения известно под названием «победитель берет все» (winner-take-all) [4, 5].

Алгоритм обучения слоя Кохонена можно представить в виде следующей последовательности шагов:

1. Случайная инициализация весовых коэффициентов  $\omega_{ci}$  нейронов  $Y_i$  слоя Кохонена.

2. Распределение входного образа из обучающей выборки на нейронную сеть и вычисление следующих параметров:

– вычисляется Евклидово расстояние между входным образом и весовыми векторами нейронных элементов слоя Кохонена:

$$D_i = |X - \omega_i| = \sqrt{(X_1 - \omega_{1i})^2 + (X_2 - \omega_{2i})^2 + \dots + (X_c - \omega_{ci})^2}, \quad (2)$$

– определяется нейронный элемент-победитель с номером  $k$ :

$$D_k = \min_j D_j, \quad (3)$$

– производится модификация весовых коэффициентов нейрона-победителя в соответствии со следующими выражениями:

$$\omega_{ck}(t+1) = \omega_{ck}(t) + \gamma(X_c - \omega_{ck}(t)), \quad (4)$$

если активность выходного нейрона соответствует классу подаваемых на входной слой данных. В противном случае:

$$\omega_{ck}(t+1) = \omega_{ck}(t) - \gamma(X_c - \omega_{ck}(t)). \quad (5)$$

Процесс повторяется, начиная с пункта 2 для всех входных образов.

3. Обучение производится до желаемой степени согласования между входными и весовыми векторами.

Третий слой состоит из пяти линейных нейронных элементов и осуществляет отображение кластеров, сформированных слоем Кохонена, в 5 классов соответственно. Активность выходного нейрона, когда значение его равно единице, характеризует тот или иной класс. В этом случае все остальные выходные нейроны имеют активность, равную нулю.

Выходные данные по итогам обучения и классификации представляются в виде матрицы размером 5x5, каждый столбец и строка которой соответствуют определенному состоянию исследуемого зубчатого колеса: 1-й класс – эталонная исследуемая шестерня с целым зубом, 2-й класс – исследуемая шестерня с локальным дефектом в виде 25% скола зуба, 3-й класс – исследуемая шестерня с локальным дефектом в виде 50% скола зуба, 4-й класс – исследуемая шестерня с локальным дефектом в виде 75% скола зуба, 5-й класс – исследуемая шестерня с локальным дефектом в виде отсутствия зуба.

Из представленных на рисунке 3 результатов видно, что общая точность классификации разработанного нейросетевого классификатора составляет 92,2%. Причем точность классификации 1-го класса составила 88,9%, 2-го, 3-го и 4-го классов – 100%, а точность классификации 5-го класса – 72,7%.

Относительно невысокая точность классификации пятого класса связана со средней квадратичной ошибкой обучения нейронной сети, которая составила 0,00533, т. е. нейронная сеть не смогла обучиться полностью (идеальным является значение средней квадратичной ошибки равное нулю).

	1	2	3	4	5	
1	8 15.7%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	100% 0.0%
2	1 2.0%	10 19.6%	0 0.0%	0 0.0%	3 5.9%	71.4% 28.6%
3	0 0.0%	0 0.0%	11 21.6%	0 0.0%	0 0.0%	100% 0.0%
4	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	10 19.6%	0 0.0%	100% 0.0%
5	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	8 15.7%	100% 0.0%
	88.9% 11.1%	100% 0.0%	100% 0.0%	100% 0.0%	72.7% 27.3%	92.2% 7.8%
	1	2	3	4	5	

Данный недостаток может быть устранен изменением количества нейронов в скрытом слое или увеличением размерности обучающей выборки.

**Рисунок 3 – Результаты решения задачи классификации**

Таким образом, разработанная методика диагностики элементов исследуемого объекта с использованием нейросетевых моделей показала свою достаточно высокую эффективность и точность.

Данный подход в исследовании многозубчатых приводов позволит сформулировать методику их диагностирования, состоящую из следующих этапов: выделение информативных частот и оценка их значимости, создание вектора диагностических признаков и оценка технического состояния исследуемого объекта на основе применения теории распознавания образов. Это даст возможность минимизировать участие человека непосредственно при процедуре диагностирования, что в свою очередь повысит ее объективность. Несмотря на то, что данный метод требует дополнительных действий, не связанных непосредственно с процессом диагностики: большого объема предварительных исследований, обучения сети на определенных диагностических признаках, определения технологии подготовки данных, подготовив искусственную нейронную сеть по определенным критериям, ее можно в дальнейшем использовать для постановки диагноза на других аналогичных объектах, имеющих схожую природу формирования анализируемого сигнала.

#### **Список цитированных источников**

1. Драган, А. В. Новые аппаратно-программные средства для исследования и диагностики механических систем / А. В. Драган, И. П. Стецко, Д. А. Ромашко, Н. В. Левкович // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2006. – № 4. – С. 17–26.
2. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации / А.В. Барков, Н.А. Баркова, А.Ю. Азовцев: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vibrotek.com/russian/articles/book/index.htm>.
3. Anil Jacob and Dr. Y. I. Sharaf-Eldeen Диагностирование зубчатой передачи с помощью нового метода контроля состояния роторного оборудования: перевод с англ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.vibration.ru/d\\_zub\\_peredach.shtml](http://www.vibration.ru/d_zub_peredach.shtml).
4. Kohonen, T. Self-organized formation of topologically correct feature maps / Т. Kohonen // Biological Cybernetics. – 1982. – N43. – P. 59-69.
5. Головкин, В. А. Нейронные сети: обучение, организация, применение / В. А. Головкин // Нейрокомпьютеры и их применение : учеб. пособие. – М., 2001 – 256 с.
6. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – М.: Вильямс, 2006. – 1104 с.

УДК 664.933.3

**Волохов А. А.**

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

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ФОРМОВАНИЯ СОСИСОК И САРДЕЛЕК. ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР**

Сосиска – колбасное изделие, которое изготавливается из измельченного (прокрученного) вареного мяса или его заменителей. Сосиска представляет собой маленькую колбаску, которую обычно употребляется в пищу после некоторой термической обработки (варки, жарки) [1].

Согласно ГОСТ 23670-79 [2] все сосиски делятся на массовые и штучные.

Штучные сосиски – это такие сосиски, у которых масса каждого батончика строго определена с небольшим допустимым отклонением. Допускается отклонение массы батончика на  $\pm 3\%$ .

Массовые сосиски состоят из батончиков, не имеющих строго определенной массы. Следовательно, перед продажей их взвешивают.

В комплекс формования сосисок входят следующие машины: наполнительное устройство, устройство формования сосисочных батончиков и навешивающее устройство.

В качестве наполнительного устройства для формования сосисок широкое применение получили шприцы вакуумные различных видов, а также фаршевые насосы.

Устройства для формования сосисочных батончиков для массовых и штучных сосисок имеют существенные различия по конструкции.

Массовые сосиски формуют по длине. Такое формование обеспечивают линкерные механизмы.

Линкерный механизм состоит из двух синхронно перемещающихся цепных устройств (рисунок 1), которые пережимают сосисочную оболочку с наполненным фаршем. При этом вращающаяся вместе с цевкой оболочка с фаршем обеспечивает перекрутку оболочки, отделяя один батончик сосиски от другого.



**Рисунок 1 – Линкерные цепи**

Кроме того, массовые сосиски можно получать с помощью дозированной подачи фарша, подаваемого шприцом, работающим в

старт-стопном режиме и с помощью навесного перекрутчика (рис. 2) [3].

**Рисунок 2 – Навешивающий перекрутчик компании «КОМПО»**



Точность дозирования при таком способе формования сосисок не превышает 5%, поэтому этот комплекс нельзя отнести к оборудованию для формования штучных сосисок.

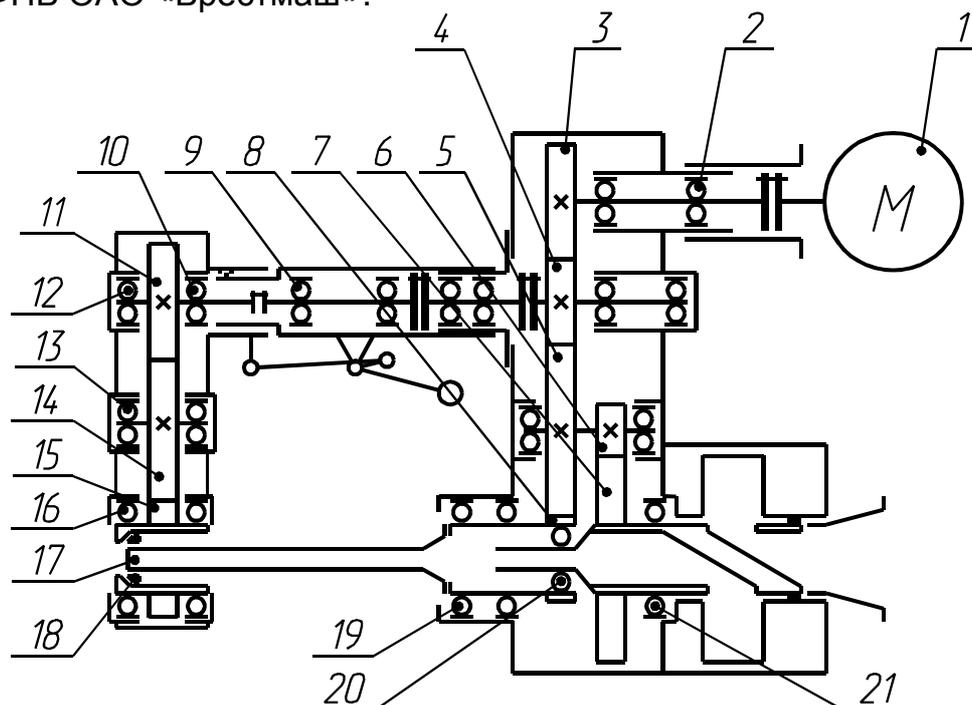


Для формования массовых сосисок широкое распространение получили сосисочные автоматы компании «Vemag» (Германия) (рисунок 3). Возможная длина сосиски в этом автомате находится в диапазоне от 20–400 мм. Возможный диаметр оболочки составляет 15 – 34 мм [4].

**Рисунок 3- Сосисочный автомат LPG209**

При производстве штучных сосисок дозирование происходит по объему подаваемого фарша в сосисочную оболочку. Это дозирование обеспечивает порционирующее устройство.

На рисунке 4 приведена кинематическая схема порционирующего устройства ВЗ-ФПБ ОАО «Брестмаш».



**Рисунок 4 – Кинематическая схема порционирующего устройства**

Порционирующее устройство (рис. 4) состоит из узла дозирования, цевки, тормозного механизма и привода вышеперечисленных узлов. Узел дозирования в свою очередь состоит из корпуса, в котором выполнен дозоровочный стакан с поршнем и в котором установлена вращающаяся наполнительная трубка. В трубке выполнены диаметрально расположенные окна, разъединенные между собой перемычкой.

Принцип работы устройства согласно схеме кинематической заключается в следующем: наполнительная трубка, цевка и тормозной механизм независимо друг от друга и синхронно вращаются от привода. Фарш от шприца через насадку соединенную с наполнительной трубкой, поступает через одно наполнительной трубки в дозировочный стакан. При этом поршень в стакане перемещается в противоположную сторону к другому окну. Вращающаяся наполнительная трубка поворачивается на 180. При этом фарш поступает через второе окно и давит на поршень уже с другой стороны, вытесняя предыдущую дозу в первое окно трубки, а затем во вращающуюся цевку. Затем повторяется подача следующей дозы фарша, которая вытесняет через поршень предыдущую дозу в трубку и цевку. Тормозной механизм отрегулирован так, что при поступлении дозы фарша во вращающуюся цевку с оболочкой батончик формирующееся сосиски перемещается вдоль по оси цевки и вращается в тормозном механизме. Как только наполнительная трубка занимает «мертвое» положение (момент, когда не поступает фарш в трубку и образуется пауза между дозами фарша), вращение батончика прекращается, а вращающаяся оболочка на цевке образует перекрутку, отделяя один батончик от другого.

После порционирующего устройства размещается навешивающее устройство, предназначенное для повышения производительности формовщиков при выполнении операции навешивания гирлянд сосисок на копильную рейку.

При формовке сосисок, сарделек на навесных перекручивающих устройствах, оператор производит накопление сформованной гирлянды на формовочном столе, где формовщик завязывает концы оболочки и навешивает их

на колбасные рейки. Данный процесс является трудоемким и низкопроизводительным. В процессе задействованы один оператор шприца и один или несколько формовщиков. Шприц периодически приходится останавливать для разборки завалов на формовочном столе.

Более производительным является процесс навешивания сосисочных гирлянд после формовки на закрепленную в штативе колбасную рейку без ее накопления на формовочном столе. При этом оператор шприца после запуска переключателя формирует несколько сосисок, останавливает переключатель, завязывает один конец гирлянды, запускает переключатель и вручную навешивает гирлянду на рейку. После окончания формовки гирлянды уже формовщик завязывает второй конец гирлянды и перемещает заполненную рейку на колбасную раму. При таком подходе к организации работы оператор постоянно занят навешиванием сосисок и практически не контролирует работу шприца. В процессе задействован один оператор и один формовщик. Шприц останавливается только для заправки оболочки и завязывания первого узла оболочки. Сосисочные гирлянды не накапливаются на формовочном столе, а сразу навешиваются на рейку.

Для увеличения производительности формования сосисок и сарделек используют автоматический навешиватель. В настоящее время широкое распространение получили навешиватель АН212 компании «VEMAG» (Германия) (рис. 5).



**Рисунок 5 – Навешивающее устройство компании VEMAG AN 212**

Данное навешивающее устройство развешивает с высокой равномерностью сосисочные гирлянды на копильной рейке. Скорость подачи навешивающих крюков автоматически подбирается к производимому продукту и составляет до 800 порций в минуту. Данное навешивающее устройство позволяет регулировать расстояние между крюками и высоту навешивания и разгрузки гирлянд сосисок. Максимальный вес, удерживаемый на одном крюке, составляет 1500 грамм [4].

В настоящее время в рамках НИР «Совершенствование техники и технологии колбасных изделий» выполняется раздел «Разработка технологического оборудования для производства сосисок». Состав технологического комплекса производства сосисок: шприц, автоматическое устройство для производства сосисок, навешивающее устройство.

В данный момент ведется разработка навешивающего устройства для гирлянды сосисок. Так же до конца года планируется завершить разработку автоматизированного устройства порционирования по длине.

Расчётная цена разрабатываемого навешивающего устройства составит 23000 рублей РБ (9600 Евро). Навешивающее устройство состоит из про-

фильных труб, цепной передачи и серводвигателя. Сосиски из автомата падают на крюк навешивающего устройства. После навески петли сосисок определённой длины конвейер навешивающего устройства перемещается на один шаг. На позицию навешивания очередной петли гирлянды сосисок подаётся следующий свободный крюк. Расстояние между крюками соответствует необходимому расстоянию между петлями сосисочной гирлянды с целью обеспечения качественной термообработки.

Готовится заявка «Разработка и постановка на производство комплекса технологического оборудования для производства сосисок» для включения в региональную научно-техническую программу развития Брестской области. Изготовителем комплекса будет ООО «КОМПО».

#### **Список цитированных источников**

1. Оборудование для переработки мяса / В. И. Ивашов. – СПб.: ГИОРД, 2007. – 464 с.
2. Колбасы вареные, сосиски и сардельки, хлеба мясные. Технические условия: ГОСТ 23670-79.- Введ. 01.08.1981. – Москва: ИПК издательство стандартов, 1981. – 97 с.
3. Официальный сайт компании КОМПО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kompo.by>. – Дата доступа: 27.05.2018.
4. Официальный сайт компании Vemag [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vemag.de>. – Дата доступа: 27.05.2018.

УДК 620.178

*Гаврилюк В. С., Шевчук Д. Л.*

*Научные руководители: Онысько С. Р., Томашев И. Г.*

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ ПО ДЛИНЕ ОБРАЗЦА ИЗ МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ**

**Введение.** При проектировании и расчетах деталей машин и механизмов, в зависимости от условий их работы, необходимо правильно подобрать материал конструктивного элемента, а для этого необходимо располагать числовыми величинами его основных механических и пластических характеристик. Одним из видов испытаний, позволяющим получить наиболее важные характеристики свойств металла, является испытание на растяжение специальных образцов, изготовленных из исследуемого материала [1].

Целью данной работы является изучение процессов деформирования образца, изготовленного из стали 3 (Ст3), при стандартных статических испытаниях на растяжение с последующим определением механических характеристик материала.

**Методика испытаний.** Испытания проводились на универсальной разрывной машине УММ-100, снабженной самопишущим устройством, позволяющим в режиме реального времени автоматически вычерчивать диаграмму растяжения в определенном масштабе в координатах «сила – удлинение» ( $F-\Delta l$ ).

В качестве исследуемого материала была принята конструкционная углеродистая сталь Ст3, применяемая для изготовления несущих и ненесущих элементов конструкций, а также деталей, работающих при положительных температурах.

Для испытаний были выбраны пропорциональные стандартные цилиндрические образцы с диаметром рабочей части 10 мм и 13 мм в количестве 5 штук каждого размера (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Образцы для испытаний диаметром 13 мм и 10 мм**

Для проведения более детальных исследований образцы диаметром 10 мм были изготовлены согласно ГОСТа [2] по 3-му типу размеров (тип и размеры цилиндрических образцов выбирались в зависимости от способа крепления в захватах испытательной машины), а образцы диаметром 13 мм изготавливались из условия, что расчетная длина образца принималась равной 10 диаметрам рабочей части.

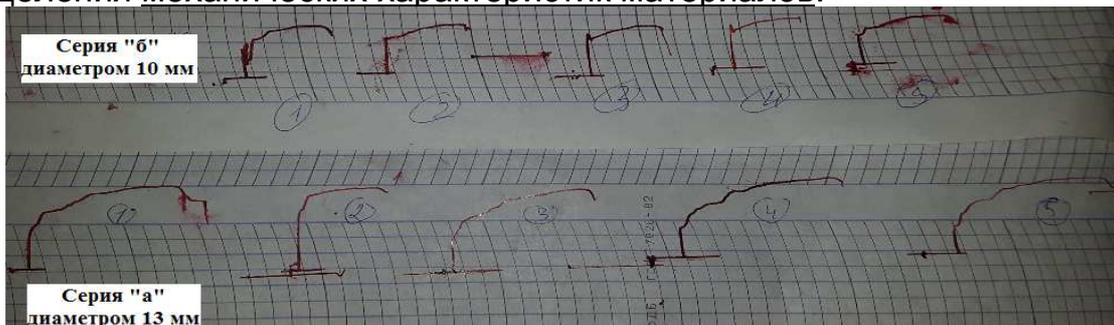
При изготовлении образцов на их поверхности сохранились витки от токарной обработки, которые были использованы для определения деформации материала на малой базе (рисунок 2), для этого перед проведением испытанием на все образцы через каждые 10 мм были нанесены корректирующей жидкостью поперечные риски.



**Рисунок 2 – Определение деформации на малой базе**

**Результаты экспериментов и их обсуждение.** Для определения физико-механических характеристик (предела прочности) были разрушены по два образца разных диаметров, а оставшиеся нагружались до визуальной фиксации образования шейки.

В процессе испытаний были получены машинные диаграммы (рис. 3), показывающие зависимость удлинения образца от продольной растягивающей нагрузки. По результатам экспериментов были определены максимальные нагрузки: для образца диаметром 13 мм – 6200 Н, диаметром 10 мм – 4200 Н. Построение данных диаграмм является промежуточным этапом в процессе определения механических характеристик материалов.



**Рисунок 3 – Машинные диаграммы**

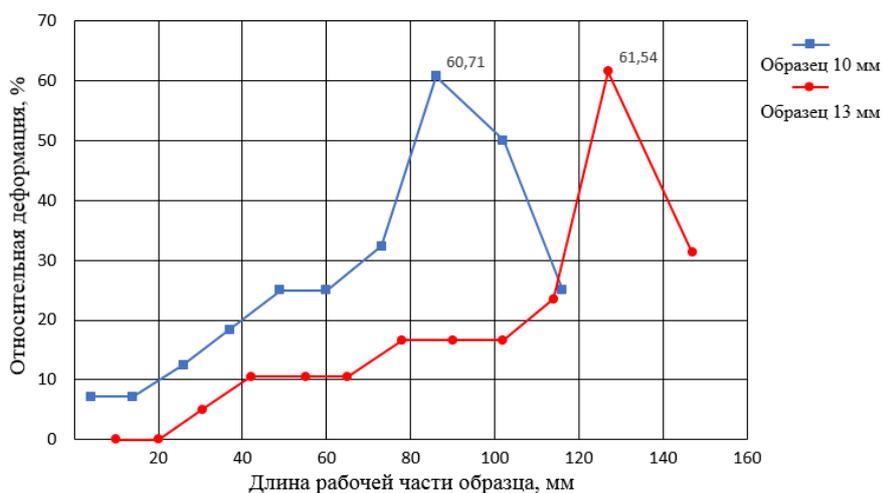
Для оценки величины формоизменения образца служит относительная деформация  $\varepsilon$ , определяемая по формуле (1).

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $l$  – число витков от инструмента на принятой длине в 3 мм,  $N$  – число исходных витков на длине 10 мм.

Количество витков на образце диаметром 10 мм составило 75 штук, на образце диаметром 13 мм – 70 штук.

На рисунке 4 показана рассчитанная деформация по длине образца, которая неравномерно распределена по длине. Наименьшее значение относительной деформации (около 10 %) возникает с одной стороны образца и постепенно увеличивается до наибольших значений (60–62) %, которые достигаются в области образования шейки, после прохождения которой деформация вновь снижается



возле другой стороны образца до значений в (25–32) %. Аналогичные данные наблюдались во всех испытываемых образцах.

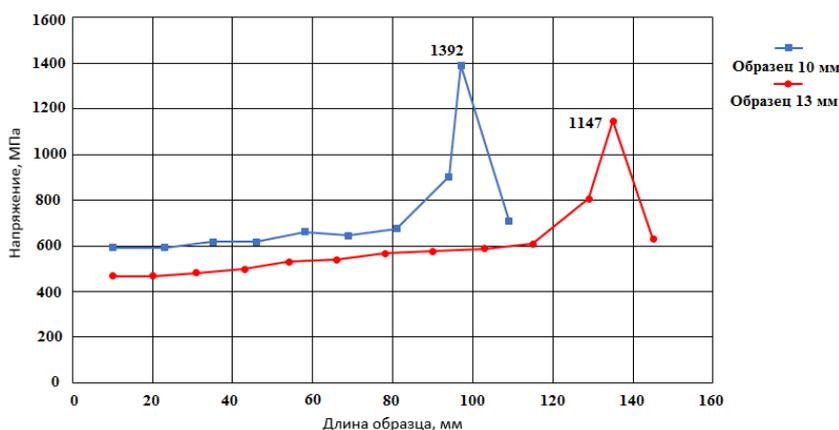
**Рисунок 4 – График зависимости относительной деформации по длине образца**

Неравномерность деформации свидетельствует об изменении напряжения по длине, которые при растяжении определяются по формуле (2), и значения которых представлены на рисунке 5.

$$\sigma = \frac{F}{A}, \quad (2)$$

где  $F$  – прикладываемая нагрузка (Н),  $A$  – площадь поперечного сечения образца ( $\text{мм}^2$ ).

**Рисунок 5 – Распределение напряжения по длине образца**



По полученной диаграмме из рисунка 5 видно, что в точках с незначительной деформацией напряжение остаётся практически постоянным, а в точках, где происходит образование шейки, напряжение возрастает и достигает величин порядка 1400 МПа и 1150 МПа для диаметров 10 мм и 13 мм соответственно.

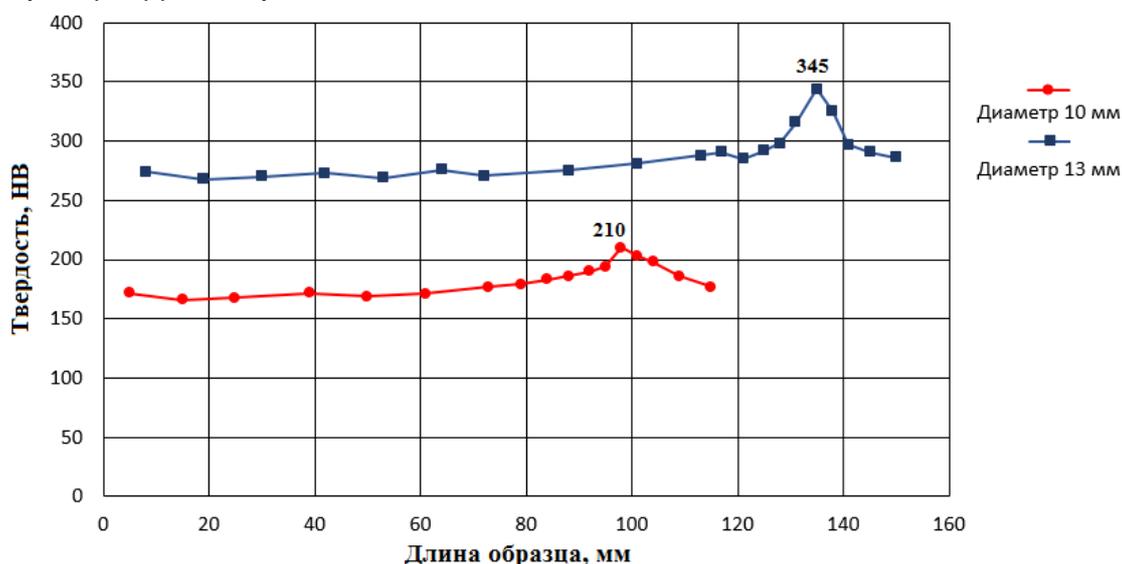
Важной физико-механической характеристикой является твёрдость материала – это способность сопротивляться пластической деформации. Для её

определения на испытанных на растяжение образцах при помощи фрезерной обработки был выполнен продольный разрез (рисунок 6), на котором по длине было проведено измерение твердости.



**Рисунок 6 – Образец для определения твердости**

Измерение твердости производилось при помощи ультразвукового твердомера марки ТКМ-459 по методу Бринелля. До растяжения образцов их твердость составляла 122 НВ. После растяжения произошло упрочнение материала, значение твердости которого показано на рисунке 7. Из рисунка видно, что на участках с меньшей деформацией твердость меняется незначительно, а в области образования шейки она резко возрастает и достигает значений 210 НВ и 344 НВ для образцов диаметром 10 мм и 13 мм соответственно.



**Рисунок 7 – График зависимости твердости по длине образца**

**Выводы.** По результатам проведенных исследований можно заключить, что физико-механические характеристики неравномерно изменяются по длине образца при растяжении. На участках, где деформация наименьшая – выявлено незначительное изменение напряжения и твердости, а это свидетельствует о том, что, зная характер деформации, можно правильно подобрать материал, необходимый для проектирования деталей машин и механизмов и предсказать их поведение при нагрузках, превышающих предел пропорциональности.

#### Список цитированных источников

1. Подскребко, М. Д. Сопротивление материалов : учебник / М. Д. Подскребко. – Минск : Выш. шк., 2007. – 797 с.
2. Металлы. Методы испытаний на растяжение : ГОСТ 1497-84. – Взамен ГОСТ 1497-73 ; введ. 01.01.86. – М.: Стандартиформ, 2005. – 22 с.
3. Лахтин, Ю. М. Основы металловедения : учебник. – М.: Металлургия, 1988. – 320 с.

УДК 316.77

*Гребенко В. А., Калиновская Е. А.*

*Научный руководитель: Данилов Ю.Д.*

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОТИВАЦИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕТИ ИНТЕРНЕТ СТУДЕНТАМИ ФАКУЛЬТЕТА ЭЛЕКТРОННО-ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ БрГТУ**

Компьютерные технологии и Интернет уже прочно стали неотъемлемым атрибутом учебной и профессиональной деятельности. В ряде исследований отмечается, что наиболее интенсивно мотивация к использованию Интернет-пространства и информационных ресурсов развивается в период обучения в вузах. Именно в это время многие студенты не только используют Интернет для получения учебной информации, но и впервые пробуют реализовывать иные проекты, связанные с получением профессиональных навыков и даже ведения бизнеса.

Исследование мотивации студентов по применению Интернет-ресурсов для профессионального развития и занятий бизнесом привлекает внимание специалистов различных профилей, в том числе социологов и психологов. Это не случайно, потому что современная молодежь проводит в сети значительное количество времени, иногда в ущерб своему здоровью, и не всегда в связи с решением учебных задач, а для удовлетворения потребностей, формирующих мотивы аффилиации, в частности общения.

Такие исследования были инициированы еще в середине 90-х годов прошлого столетия Войскунским А. Е., Арестовой О. Н. и Бабаниным Л. Н., однако, при их проведении рассматривались только общие вопросы демографической и социопсихологической динамики, т. к. Интернета еще не было, а студенчество, как особая социальная группа, не изучалось вообще.

На данный момент ситуация коренным образом изменилась. Уже имеется определенный опыт исследования мотивации студентов в использовании Интернета как эффективного ресурса для профессионального развития, успешной учебы, приобщения к практической бизнес-деятельности. В качестве методологической основы, в большинстве из них, принимается утверждение, сформулированное представителями научной школы А. Н. Леонтьева, согласно которому, мотивация понимается как иерархичная система. В трудах Т. О. Гордеевой, А. Е. Войскунского, Ж. Нюттена, Д. А. Леонтьева отмечается, что наиболее актуально при проведении таких исследований стоит вопрос получения объективных данных и выделения критериев, позволяющих адекватно судить о типах мотивации, позволяющих с научных позиций выполнять их диагностику [1, с. 221].

В качестве одного из возможных путей решения данной проблемы предлагается использовать возможности функционального анализа, позволяющего подробно и непредвзято изучить влияние мотивов на некоторые конкретные подструктуры деятельности. В частности, важной формой проявления направляющей функции мотивации представляется ориентация деятельности студентов на внешнюю предметную область, то есть на конкретную ситуацию, в данном случае – получение полезной для учебы информации и, в конечном счете - получения профессиональных навыков.

Не менее важной является оценка мотивации как полученного конечного результата, инициирующего ту или иную практическую деятельность, а также всех обстоятельств, которые привели к нему. Как правило, эта функция может проявляться в рациональной вербальной и невербальной формах, поэтому объективно оценить ее бывает сложно. В то же время при исследовании мотивации студентов как раз наибольший интерес представляют именно субъективные оценки той роли, которую сыграли применяемые ресурсы и инструменты для достижения поставленных целей.

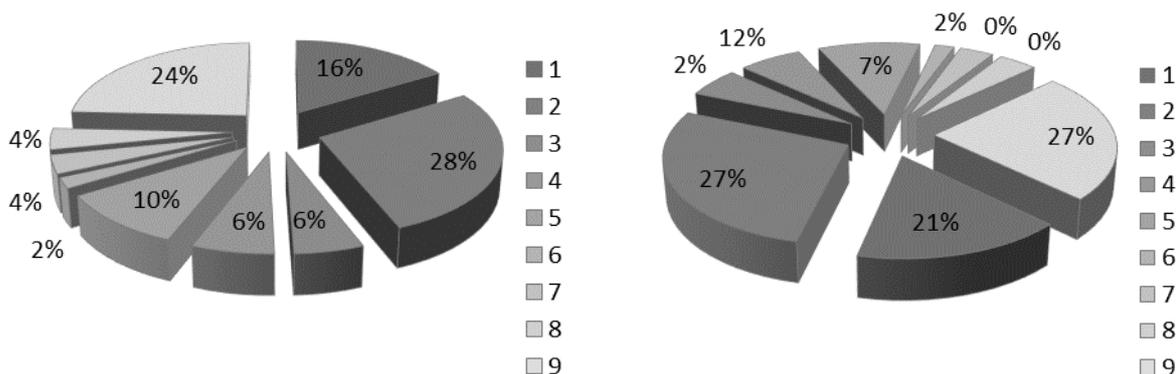
Таким образом, изучение мотивации студентов по использованию Интернета предполагает выяснение следующих вопросов:

- какие конкретные цели изначально ставились ими во время пребывания в Сети: получение информации, первичное приобретение профессиональных знаний и навыков или реализация уже имеющихся с целью заработка;
- какие конкретные потребности и мотивы возникают и развиваются у студентов в процессе повседневного использования Интернет-ресурсов.

Указанные вопросы позволяют получить ответы исключительно только о ситуативной мотивации, а также стать тем фундаментом представлений, которые в будущем смогут дать ответ на вопрос о характере глубинных личностных мотивационных направлениях. С практической точки зрения, исследования, построенные на такой основе, следует рассматривать как пилотные или сравнительные (при повторном проведении на одной и той же выборке). Их целью является накопление, анализ и интерпретация первичной социологической информации, которую можно будет использовать в ходе дальнейших, более глубоких, аналитических исследований.

Впервые такие исследования в Брестском государственном техническом университете были проведены в 2015 году [2]. В них участвовали студенты различных курсов факультета электронно-информационных систем. Новизна состояла в том, что выборка (свыше 200 респондентов) формировалась, исходя из гипотезы, что именно у студентов данного факультета мотивационная составляющая по использованию Интернета в качестве эффективного ресурса для профессионального развития, будет выражена наиболее ярко. Данное предположение базируется на аксиоматическом признании наличия у них осознанного выбора будущей профессии, более квалифицированного владения информационными технологиями и ресурсами, наличием практического опыта решения различных задач при их помощи, чем у студентов других специальностей.

В 2019 году это исследование было проведено повторно, и его исходные предположения нашли свое подтверждение. В частности, результаты ответов на вопрос «Что повлияло в большей степени на Ваше включение в Сеть?», в соответствии с предложенными вариантами, распределились следующим образом:



1. Играл много в компьютерные игры дома и в клубах, когда у меня не было Интернета.
2. Моя учеба заставляет меня обращаться к Интернет-источникам.
3. Поиск новых знакомых и друзей для общения.
4. Большое количество свободного времени.
5. Мои друзья все в сети.
6. Работа.
7. Разногласия и конфликты в семье.
8. Проблемы со знакомством с девушкой/юношей.
9. Возможности быстро найти нужную информацию

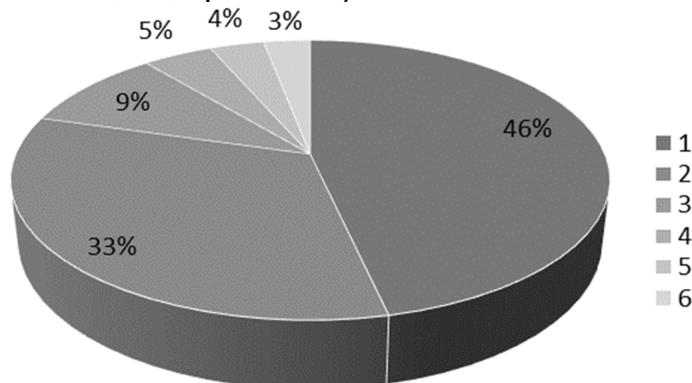
**Диаграмма 1 – Распределение ответов респондентов на вопрос «Что повлияло в большей степени на Ваше включение в Сеть?» (2015 и 2019 гг.)**

Таким образом, по совокупному результату (позиции 2, 6, 9), у 58% участников опроса в 2015 году, и у 57% участников опроса в 2019 году основными мотивами

обращения в Интернет стали причины сугубо практического характера: потребность в эффективном источнике информации, помощь в учебе и работе.

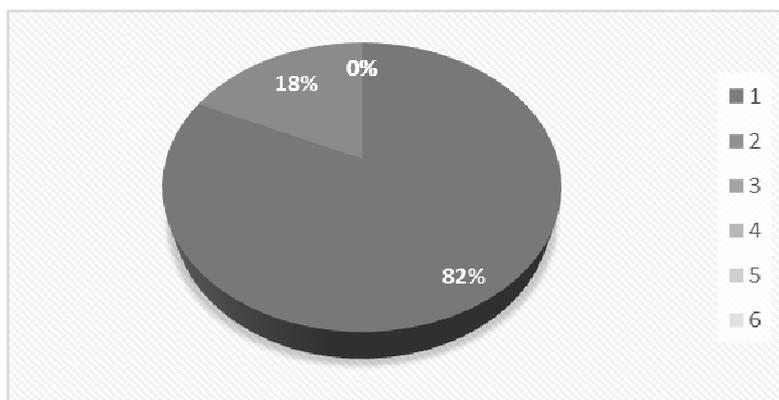
Также, в качестве важного материала для анализа, использовались ответы студентов на вопросы: «Как часто Вы выходите в Сеть?» и «Чем для Вас служит Интернет?».

Ответы респондентов на первый из них распределились следующим образом (по предложенным вариантам):



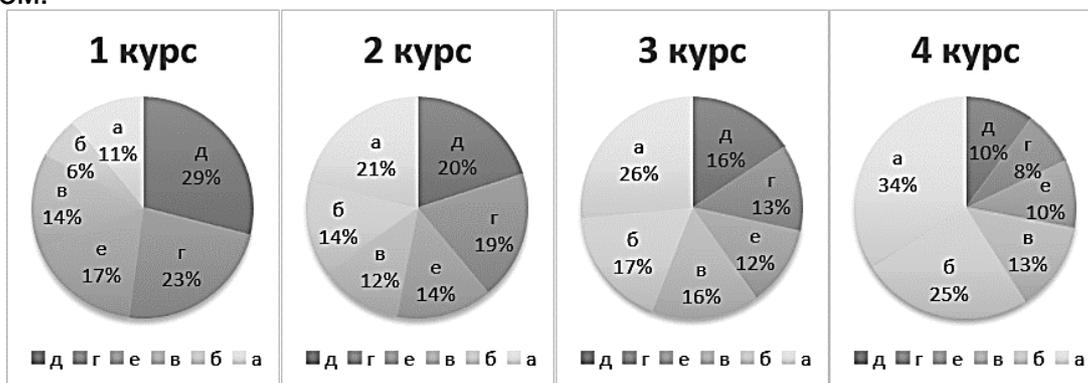
1. Каждый день на 3-5 часов.
2. Каждый день по необходимости ненадолго.
3. 2–3 раза в неделю на 3–5 часов.
4. 2–3 раза в неделю по необходимости ненадолго.
5. Раз в неделю не чаще.
6. 2–3 раза в месяц

**Диаграмма 3 – Распределение ответов респондентов на вопрос «Как часто Вы выходите в Сеть?» (2015 г.)**



**Диаграмма 4 – Распределение ответов респондентов на вопрос «Как часто Вы выходите в Сеть?» (2019 г.)**

При этом распределение ответов по курсам в 2015 году, выглядит следующим образом:

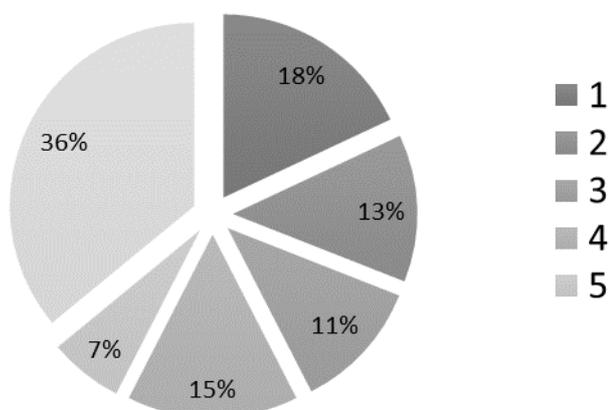


**Диаграмма 5 – Распределение ответов респондентов на вопрос «Как часто Вы выходите в Сеть?» по курсам обучения студентов**

Как видно из диаграмм, время пребывания в сети Интернет увеличивается по мере перехода студентов с курса на курс. Если первокурсников, посещающих различные сетевые ресурсы 3–5 часов, в 2015 году было зафиксировано только 11%, то на четвертом курсе таких отмечено уже 34%, то есть более чем в три раза. Только 17% первокурсников заявили, что пользуются Интернетом ежедневно, в то время как студентов-четверокурсников, использующих Интернет ежедневно – 59%, то есть почти в 4 раза больше. В 2019 году все студенты ежедневно проводят время в сети Интернет, независимо от курса обучения.

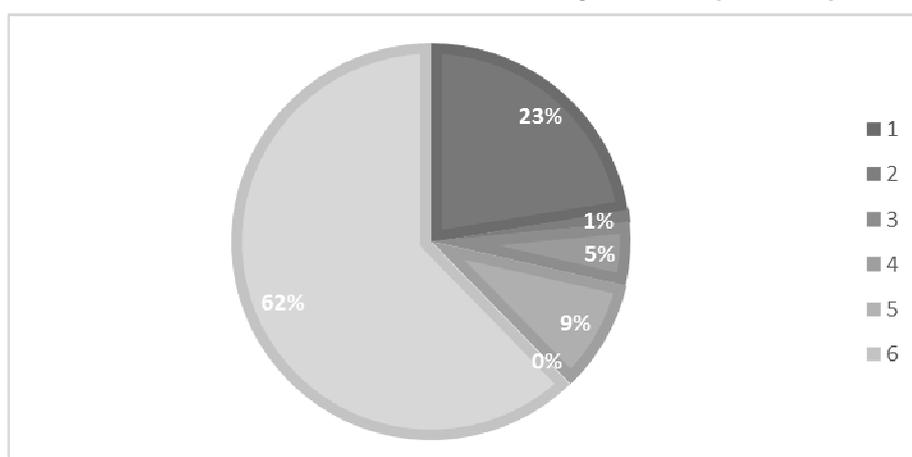
Очевидно, что такой результат требует ответа на вопрос, какие мотивы и интересы вызывают данную тенденцию. Для выяснения, участникам исследования было предложено ответить на второй из вышеуказанных вопросов.

Полученные ответы, в соответствии с предложенными вариантами, распределились следующим образом:



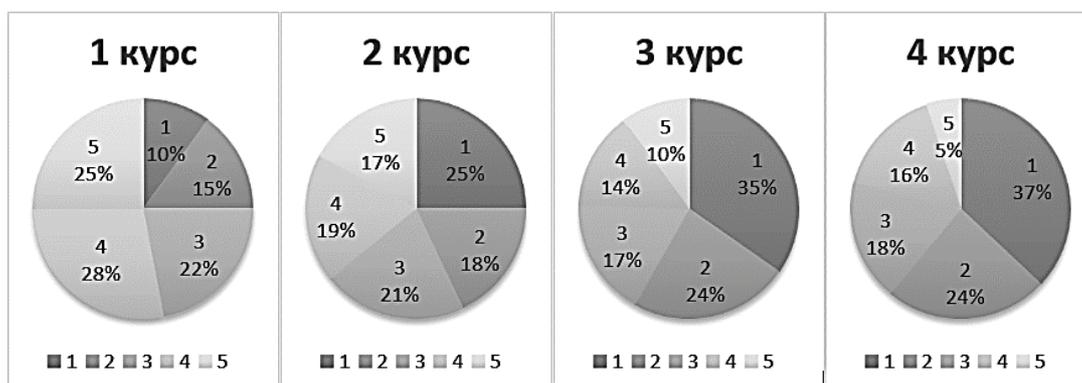
1. Источник информации для работы и учебы. 2. Источник новостей о жизни общества, страны, города. 3. Способ отдохнуть, посмотреть фильмы, послушать музыку. 4. Это мой мир, мой досуг, игры, развлечения. 5. Это мои друзья, новые знакомства. 6. Это часть моей жизни: игра, развлечения, общение, учеба, работа

**Диаграмма 6 – Распределение ответов респондентов на вопрос «Чем для Вас является Интернет?» (2015 г.)**



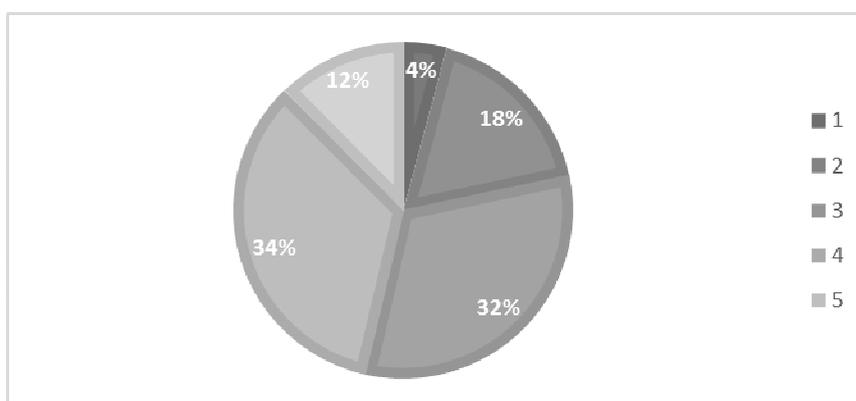
**Диаграмма 7 – Распределение ответов респондентов на вопрос «Чем для Вас является Интернет?» (2019 г.)**

Значительный интерес с точки зрения целей исследования, представляли ответы студентов на вопрос «Какая часть времени пребывания в сети непосредственно связана с Вашей учебной деятельностью?». В результате опроса студентов разных курсов были получены такие данные:



1. Более 80%. 2. 60–80%. 3. 40–60%. 4. 20–40%. 5. Менее 20%

**Диаграмма 8 – Распределение ответов респондентов на вопрос «Какая часть времени пребывания в сети непосредственно связана с Вашей учебной деятельностью?» (2015 г.)**



**Диаграмма 8 – Распределение ответов респондентов на вопрос «Какая часть времени пребывания в сети непосредственно связана с Вашей учебной деятельностью?» (2019 г.)**

Как видно из диаграммы, количество времени, которое студенты используют для учебных целей в сети Интернет, быстро возрастало в 2015 году при переходе студентов с первого на второй курс и со второго на третий. Затем эта динамика ослабевает, однако показатель достигает к 4 курсу максимального и достаточно высокого уровня – 37%. Соответственно, количество тех, кто проводит с учебными целями в Сети менее 20% времени, стабильно уменьшается от курса к курсу, с 25% (1 курс) до 5% (4 курс).

Таким образом, проведенные с интервалом в 4 года исследования с высокой точностью показали, что преобладающей целью использования Интернета у студентов ФЭИС БрГТУ является решение задач, направленных на профессиональное развитие и общение.

На основе полученных результатов можно сформулировать некоторые выводы, характеризующие эти мотивации.

Во-первых, основными целями использования Интернета студентами факультета электронно-информационных систем Брестского государственного технического является поиск учебной информации и приобретение навыков будущей профессиональной деятельности, что существенно отличается от многих результатов, полученных на основе изучения иных выборок. Природа этого несоответствия подтверждает исходную гипотезу об изначально более высокой степени мотивации студентов ФЭИС к использованию Сети в учебных целях.

Во-вторых, основными мотивами использования Интернета (в порядке значимости) являются: познавательный, самореализации и аффилиации, что совпадает с результатами большинства аналогичных опросов, проводимых по данной проблематике.

В-третьих, если мотив аффилиации (реализация потребности в общении и формировании социально значимых отношений с другими людьми) имеет стабильные показатели у студентов ФЭИС БрГТУ на протяжении всего времени обучения, то познавательный мотив и мотив самореализации занимают более высокие рейтинговые места и характеризуются стабильной динамикой возрастания от курса к курсу, то есть по мере становления студентов как будущих специалистов.

#### **Список цитированных источников**

1. Гордеева, Т. О. Психология мотивации достижения. – М.: Смысл-Академия, 2006. – 336 с.
2. Данилов, Ю. Д. Исследование мотиваций использования сети интернет студентами факультета электронно-информационных систем БрГТУ / Ю. Д. Данилов, О. П. Бурко // Вестник БрГТУ. – 2015. – № 5: Физика, математика, информатика. – С. 82–85.

УДК 539.3

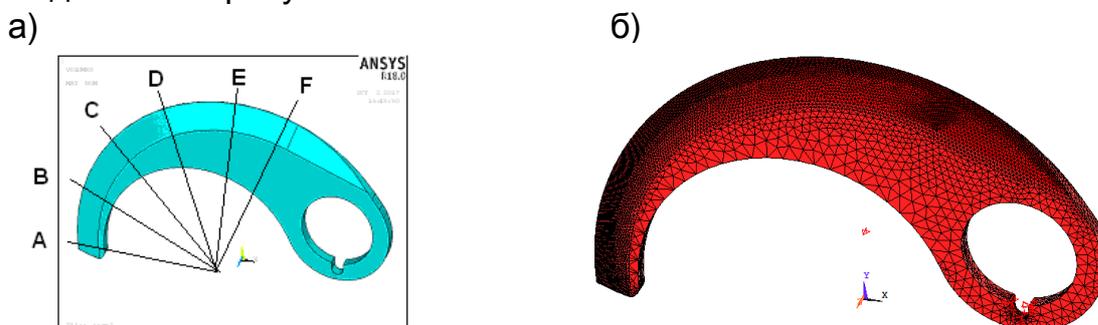
**Дорофеев П. Е., Лущик М. А.**

**Научные руководители: к. т. н., доцент Хвусевич В.М.,  
к. ф.-м. н., доцент Веремейчик А. И.**

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НОЖЕЙ КУТТЕРА**

В перерабатывающих отраслях промышленности массовое применение получили установки для переработки и измельчения продуктов питания. Все типы режущих рабочих органов (ножи, ножевые решетки и пр.) наряду с высокой стоимостью обладают и низкими показателями надежности, связанными, прежде всего, с их конструктивно-технологическим несовершенством. Существующие технологии упрочнения режущего инструмента несовершенны с позиции ресурсосбережения, а изделия не удовлетворяют современным требованиям, предъявляемым к ним. Исходя из этого, актуальной научно-технической проблемой является комплексное повышение показателей надежности инструмента за счет разработки ресурсосберегающих технологий упрочнения.

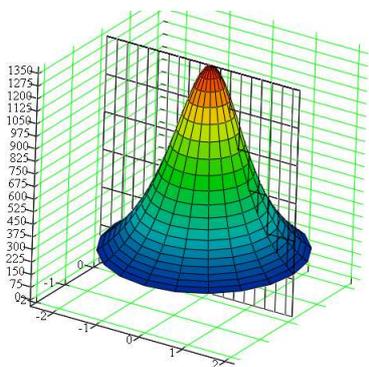
Для определения оптимальных режимов процесса поверхностного плазменного азотирования ножей куттера для измельчения пищевых продуктов проведены теоретические исследования температурных полей, напряжений и деформаций, выполненные с применением вычислительного комплекса ANSYS. В ходе вычислительного эксперимента разработана 3D-модель ножа, приведенная на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Конечно-элементная 3D-модель ножа (а) и схема ее разбиения конечными элементами (б)**

При решении температурной задачи в ANSYS использовался термический конечный элемент SOLID70 (Brick 8node), который имеет одну степень свободы (температура в каждом узле), при исследовании НДС – восьмиузловой конечный элемент SOLID185 (Brick 8node) [1]. Модель разбивалась на 53572 ко-

нечных элемента. В соответствии со скоростью движения плазменной струи к узлам дискретной модели последовательно прикладывалась температурная нагрузка в виде конвекции. Во избежание оплавления максимальная температура на поверхности ножа должна быть на 3...5 % меньше температуры плавления стали. Конвекция задавалась на всех поверхностях модели, т. к. температура плазменной струи в центре составляет около  $T_0=6000$  °С. Согласно [2], тепловой поток плазменной струи распределяется по ширине пятна нагрева по закону, близкому к кривой вероятности Гаусса. Исходя из этого, на нагреваемой поверхности коэффициент конвекции задавался различным по ширине пятна нагрева в соответствии с законом нормального распределения. На рисунке 2 приведено распределение температуры по пятну нагрева, соответствующее нормальному распределению.



**Рисунок 2 – Распределение температуры в зоне нагрева**

Зависимости температуры и коэффициента конвекции от координат и времени задавались в следующем виде:

$$T(x, y, t) = \frac{T_0}{10^{-3} \left[ \left( R \cdot \cos\left(\frac{v}{R}t - 0,122\right) + x \right)^2 + \left( R \cdot \sin\left(\frac{v}{R}t - 0,122\right) - y \right)^2 \right] + 1} + T_H,$$

$$k(x, y, t) = \frac{k_0}{10^{-3} \left[ \left( R \cdot \cos\left(\frac{v}{R}t - 0,122\right) + x \right)^2 + \left( R \cdot \sin\left(\frac{v}{R}t - 0,122\right) - y \right)^2 \right] + 1}, \quad (1)$$

где  $R=0,13$  м – радиус кривизны траектории движения плазменной струи, определяемый из геометрии режущей кромки ножа,  $v$  – скорость движения источника нагрева,  $T_H=20$  °С – температура окружающей среды,  $k_0=7000$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С) – коэффициент конвекции в центре плазменной струи.

Время движения дуги определялось в зависимости от длины режущей кромки для различных скоростей движения источника нагрева. Плотность стали 14X17H2 принималась равной  $\rho=7750$  кг/м<sup>3</sup> [3]. Зависимости физических параметров от температуры приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Зависимость характеристик стали 14X17H2 от температуры**

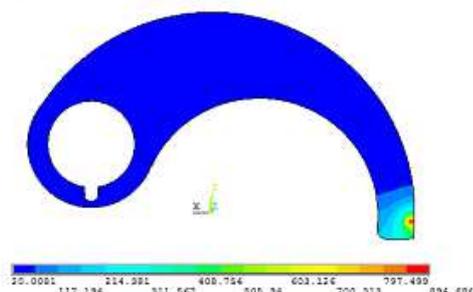
$T, ^\circ\text{C}$	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1300
$E, \text{ГПа}$	220	210	205	190	180	155	120	85	50	20	10	10	10
$\nu$	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
$c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	462	486	498	511	519	528	552	584	602	599	595	590	585
$\alpha, 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$	9,8	9,8	10,6	10,8	11	11,1	11,3	11	10,7	11,4	11,5	11,5	11,5
$\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$	21	22	23	24	24	25	26	27	28	30	30	30	30

Основой термического анализа в ANSYS является уравнение теплового баланса, которое получается из закона сохранения энергии. Конечно-элементное решение заключается в получении значений узловых температур, на основе которых вычисляются остальные термические величины. После каждого шага нагружения проводится расчет температурных полей, возника-

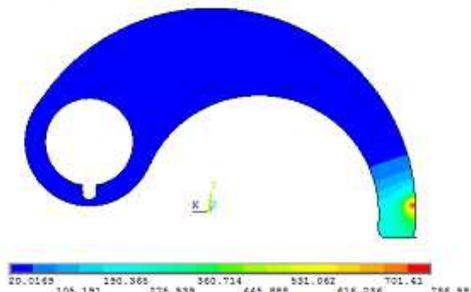
ющих в расчетной модели, результаты которого записывались в файлы с расширением LS. Для получения общего решения задачи теплопроводности необходимо выполнить совместное решение по определенному количеству LS-файлов, указав соответствующее количество шагов. В результате расчетов определены поля температур в различные моменты времени.

На рисунке 3 приведено распределение температурного поля на рабочей зоне ножа в различные моменты времени при скорости движения пятна нагрева  $v=10$  мм/с.

а)  $t=1$  с



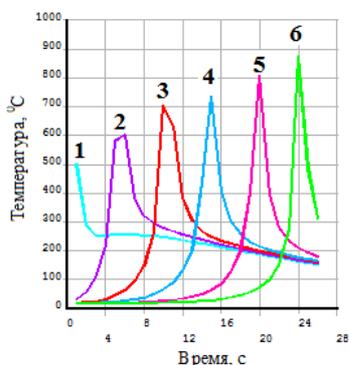
б)  $t=2$  с



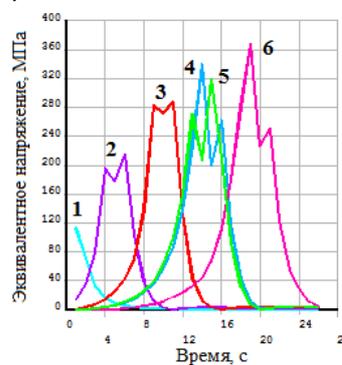
**Рисунок 3 – Распределение температурного поля на поверхности ножа**

При исследовании НДС нож закреплялся по нижней торцевой поверхности для ограничения перемещения в направлении, перпендикулярном плоскости ножа, и по поверхности шпоночного паза для ограничения перемещения в направлении, параллельном его опорной поверхности. На рисунке 4 приведены типичные распределения температуры и интенсивности напряжений на режущей кромке в различных сечениях (рисунок 1) от времени.

а)



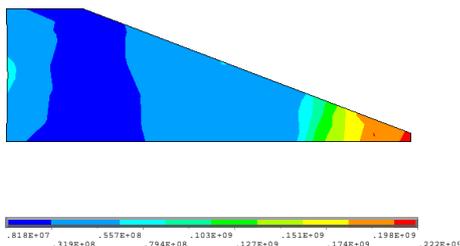
б)



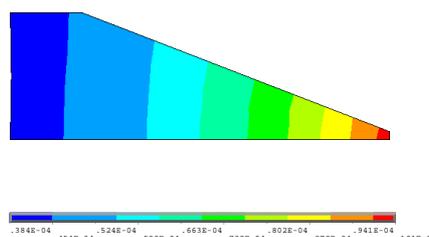
1 – сечение А; 2 – сечение В; 3 – сечение С; 4 – сечение D; 5 – сечение Е; 6 – сечение F  
**Рисунок 4 – Зависимость температуры (а) и эквивалентных напряжений по Мизесу (б) на режущей кромке от времени в различных сечениях**

На рисунке 5 приведено типичное распределение эквивалентных напряжений (а) и суммарных перемещений (б) в сечении ножа при скорости движения пятна нагрева  $v=10$  мм/с.

а)



б)



**Рисунок 5 – Распределение эквивалентных напряжений (а) и суммарных перемещений (б) в сечении ножа при нахождении источника тепла в сечении А**

Для осуществления процесса поверхностного плазменного азотирования в комплексе с плазменной установкой был разработан специальный манипулятор, при помощи которого осуществляется перемещение детали с заданной скоростью относительно плазменной дуги. Упрочняемая деталь располагалась на столике манипулятора горизонтально. Осуществлен процесс поверхностного плазменного азотирования ножей. По результатам экспериментов определены оптимальные параметры процесса поверхностного плазменного азотирования: скорость движения пятна нагрева  $v=10$  мм/с, расход аргона  $Q_{Ar}=1,2$  л/мин, расход азота  $Q_{N_2}=3,6$  л/мин, ток дуги  $I=28$  А [4].

В результате экспериментальных исследований микротвердость поверхности детали увеличена до 466–600 HV<sub>0,1</sub>. Экспериментально подтверждена возможность закалки при наложении соседних дорожек друг на друга с расстояниями 0,4 мм между их осями. Наибольшая глубина упрочненного слоя достигается при  $v = 10$  мм/с, а уменьшение скорости движения плазменной дуги приводит к увеличению глубины упрочненного слоя.

#### **Список цитированных источников**

1. Чигарев, А. В. ANSYS для инженеров / А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк. – М.: Машиностроение. – 2004. – 510 с.
2. Балановский, А. Е. Плазменное поверхностное упрочнение металлов / А. Е. Балановский. – Иркутск: ИрГТУ, 2006. – 180 с.
3. Таблицы физических величин. Справочник / Под ред. И. К. Кикоина. – М.: Атомиздат, 1976. – 1008 с.
4. Веремейчик, А. И. Разработка основ технологии локального плазменного поверхностного упрочнения рабочей поверхности измельчителей пищевых продуктов / А. И. Веремейчик, М. И. Сазонов, В. М. Хвисевич, А. А. Лазарук // *Фундаментальные и прикладные задачи механики деформируемого твердого тела и прогрессивные технологии в машиностроении: матер. V Дальневост. конф. с междунар. участ., Комсомольск-на-Амуре, 18-21 сентября 2018 г. / редкол.: А. И. Евстигнеев (отв. ред.) [и др.]*. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2018. – С. 96–100.

УДК 629.3

**Карпинчик А. В.**

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

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЗАВИСИМОЙ ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЯ В СРЕДЕ AUTODESK INVENTOR**

**Введение.** Студенты машиностроительных специальностей при изучении инженерной графики получают навыки построения твердотельных моделей по заданным чертежам, создания чертежей деталей и сборочных чертежей изделий по их твердотельным моделям. Курс деталей машин посвящен конструированию изделий, входящих в состав различных машин и механического оборудования. Курсы теоретической механики и механики материалов готовят студентов к проведению инженерных расчетов деталей на прочность, жесткость и других видов нагрузений. На стыке этих дисциплин стоят такие системы автоматизированного проектирования (САПР), как Inventor, Компас-3D, SolidWorks, Solid Edge, T-flex и пр.

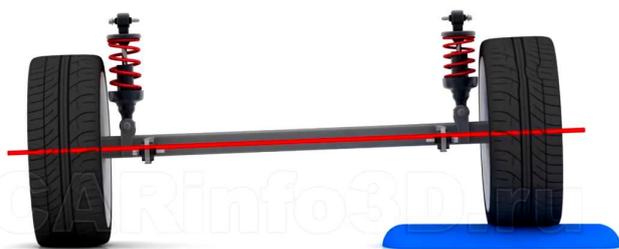
Современные системы автоматизированного проектирования позволяют не только строить трехмерные модели и плоские чертежи, но и решать задачи инженерного проектирования, выполнять расчеты, симуляции, создавать анимации и визуализировать объекты. Трехмерное моделирование узлов и механизмов позволяет оценить 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 подвески автомобиля, проведении поиска оптимальной конструкции с помощью инженерных расчетов. Была поставлена задача создать полноразмерную твердотельную модель независимой подвески, выполнить симуляцию наезда колесами на искусственные неровности и исследовать принципы работы подвески автомобиля.

**Объект исследования.** В качестве объекта исследования был выбран один из видов независимой двухрычажной подвески легкового автомобиля, как самый распространенный в современном автомобилестроении.

Независимая подвеска – сложный, но эффективный способ дать автомобилю максимально возможное сцепление с дорогой. Такая подвеска сделана из нескольких составляющих звеньев – рычагов. Вместе составляющие конструкции устанавливают колесо в нужной точке и образуют жесткую, но подвижную раму, прикрепленную к ступице, которая предотвращает не только свободное перемещение последней, но также создает необходимую кинематику подвижных частей подвески автомобиля.

**Основная часть.** Существует три основных вида подвески [1, 2]: зависимая, полунезависимая, независимая. В зависимой подвеске (рисунок 1) колеса одной оси жестко связаны между собой. При наезде на неровность одним колесом, второе отклоняется на тот же угол. Такая подвеска выполняется в виде жесткой балки. Это влияет на комфорт езды в худшую сторону. Из плюсов можно отметить дешевизну обслуживания. В современных легковых автомобилях такая конструкция подвески практически не применяется.



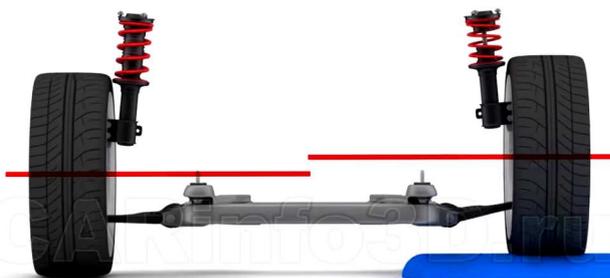
**Рисунок 1 – Зависимая подвеска**

В полунезависимой подвеске (рисунок 2) используется торсионная балка, она позволяет уменьшить зависимость между колесами одной оси. В настоящее время распространена в качестве задней части подвески легкового автомобиля бюджетного и среднего классов. Из плюсов: лучшая управляемость в сравнении с зависимой подвеской. Из минусов: более дорогая в обслуживании.



**Рисунок 2 – Полунезависимая подвеска**

Независимая подвеска существует в различных вариациях. Одна из наиболее распространенных - рычажная схема (рисунок 3). Данный тип подвески позволяет в полной мере освободить колеса одной оси друг от друга. Такая подвеска устанавливается на передней оси практически всех легковых автомобилей и на задней оси автомобилей высокой ценовой категории. Из плюсов: наилучшая управляемость. Из минусов: является самым дорогим видом подвески в обслуживании.



**Рисунок 3 – Независимая подвеска**

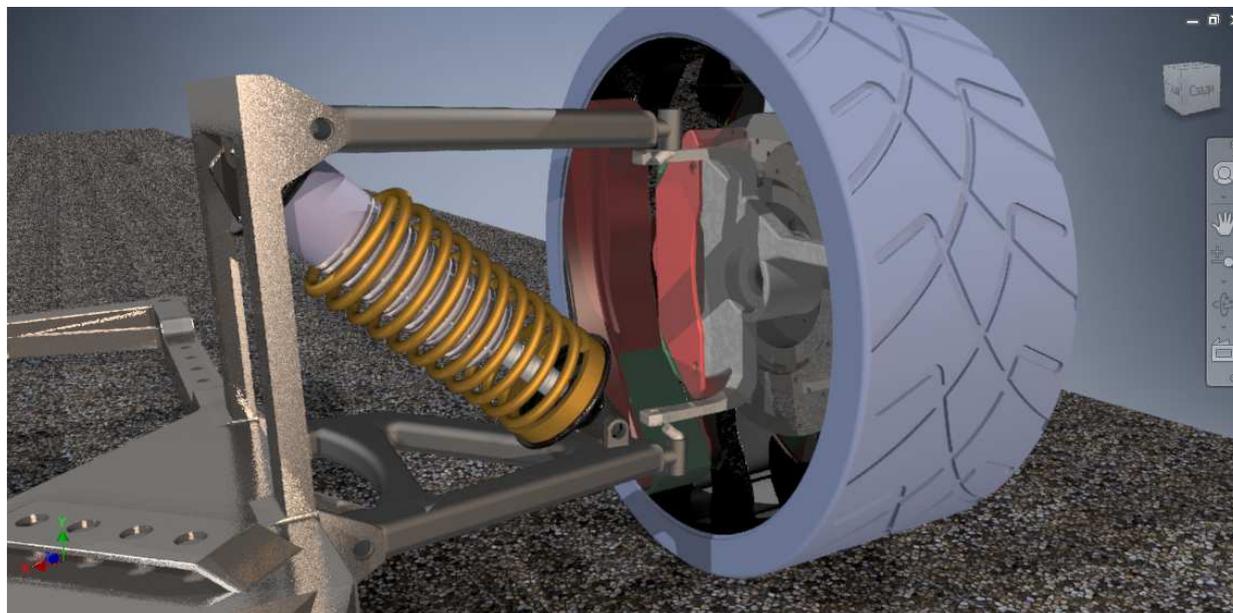
Независимые подвески получили широкое распространение, поскольку при их использовании существенно улучшается возможность компоновки моторного отсека и снижается возможность возникновения автоколебаний колес. В качестве упругого элемента в независимой подвеске обычно применяют пружины. Для независимых подвесок существует множество схем направляющих устройств, которые классифицируются по числу рычагов и расположению плоскости качания рычагов.

Система автоматизированного проектирования Autodesk Inventor позволяет создать полноразмерную твердотельную модель, «заставить» ее двигаться в соответствии с заданным законом движения, а также изучить кинематику и выполнить фотореалистичную визуализацию. Можно долго выполнять построения механизмов и их чертежей на бумаге, но так и не иметь полного представления о его внешнем виде и принципах работы. Создав трехмерную детализированную модель, можно рассмотреть механизм со всех сторон, смоделировать заданное движение звеньев, быстро внести изменения в конструкцию, а также выполнить дополнительные расчеты.

Работа оказалась непростой, поскольку имелись примерные изображения деталей подвески, но сами чертежи отсутствовали, и приходилось ориентироваться на то, что было представлено в видеороликах и на изображениях. Строение механизмов и сопряжения звеньев пришлось проектировать на основании знаний в дисциплине «Теория механизмов и машин». Форма и размеры деталей также подбирались по примерным пропорциям.

Независимая подвеска состоит (рисунок 4) из:

- 1) опоры колёс - поворотный кулак, ступица, подшипник ступицы;
- 2) направляющих деталей колёс – рычаги подвески;
- 3) упругих элементов – пружин;
- 4) амортизаторов;
- 5) элементы крепления подвески – рама.



**Рисунок 4 – Модель подвески**

Во время моделирования были использованы такие инструменты, как [3]: 2D-эскиз, выдавливание (вращение выдавливанием, вырезание выдавливанием), лофт для создания усеченного конуса в углах рамы, рельеф для создания рельефного текста на боковой поверхности шины, тормозного суппорта, а также для создания протектора, 3D-сопряжения для создания скруглений на деталях, трёхмерные и двумерные массивы для создания отверстий.

Если сравнивать моделирование с такой программой, как Компас-3D – Inventor имеет ряд преимуществ:

- рельеф – в Компасе создание рельефа такое, как в Inventor невозможно, из-за чего возникли бы трудности при создании рельефного текста или протектора шины;
- зависимости или параметризация – в Inventor все построения в 2D-эскизах основываются на так называемых «зависимостях»;
- эстетический вид – возможно придание цвета, материала детали, а при использовании трассировки лучей ещё и реалистичные освещение и отражения.

Моделирование работы подвески после сборки можно осуществить разными способами, основные из них:

- движение вручную – перемещать поверхность, по которой колесо скользит;
- с помощью команды привод для неё необходимо создать анимацию зависимости в начальном и крайнем положении;
- среда визуального моделирования Inventor Studio, здесь анимация носит более широкий характер, возможно моделировать не только одну зависимость, а сразу несколько.

Рассмотрев конструкцию подвески, рассмотрим принцип работы всей системы. Что и в каком порядке двигается и чего ожидать в случае несоблюдения правил. В случае наезда на препятствие или неровность колесо автомобиля смещается в вертикальном направлении относительно кузова. Сжимается пружина амортизационной стойки и рычага, которые крепятся за счет подвижных соединений к несущей части и ступице колеса.

Основной удар приходится на пружину, но так как она не способна быстро поглотить удар, на помощь приходит амортизатор, поглощающий всю энергию удара. Помимо энергии удара на колесо автомобиля действует усилие, за счет которого колесо смещается в горизонтальном направлении. Чтобы колесо оставалось на месте, за это отвечают два рычага, установленные под углом.

Преодолев неровность, начинается обратный процесс. Пружина амортизационной стойки принимает исходное положение, за счет чего колесо начинает выравниваться относительно кузова автомобиля. Стоит понимать, что во время преодоления неровностей каждое колесо смещается независимо друг от друга.

Как бы не утверждали производители, что независимая подвеска отлично справляется с неровностями, часть из ударов все же передается на кузов автомобиля. Если оба колеса автомобиля движутся по неровностям, то, несмотря на мягкость пружин и качество амортизаторов, кузов автомобиля может раскачиваться. В таком случае инженеры используют стабилизатор поперечной устойчивости.

**Заключение.** В результате проделанной работы спроектированы и соединены зависимостями элементы модели подвески автомобиля, обеспечивающие требуемое движение звеньев, чтобы имитировать работу подвески. Для полноразмерной твердотельной модели создан сценарий анимации, симулирующий наезд колесами на неровности.

Данная модель может быть использована в учебных целях как для наглядной демонстрации возможностей кинематического и инженерного анализа трёхмерной модели, так и для наглядного примера наложения различных зависимостей на модель для визуализации движения отдельных частей или всей модели в целом.

При выполнении поставленных задач значительно расширены и углублены знания в работе с трёхмерными моделями, исследованы возможности, предоставляемые современными САПР. Полученные навыки можно использовать для подготовки презентаций проектируемых узлов и изделий машиностроения при обучении в вузе, а также после его окончания. Кроме визуализации созданного проекта можно производить расчет геометрических и физических свойств модели, проводить различные инженерные расчеты.

### Список цитированных источников

1. Карунин, Л. А. Конструкция автомобиля. Шасси. – М: НАМИ, 2000. – 528 с.
2. Дэс Хаммил. Подвеска и тормоза. – СПб: Легион-Автодата, 2005. – 97 с.
3. Том Трембли. Autodesk Inventor 2013 и Inventor LT 2013. Официальный учебный курс : пер. с англ. Л. Талхин. – М: «ДМК Пресс», 2013. – 344 с.

УДК 637.513.1

*Кот А. В., Дудар Л. Н.*

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

## СИСТЕМА МАШИН ДЛЯ МЯСОЖИРОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ УБОЯ И РАЗДЕЛКИ СВИНЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 250 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.

**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	-шпарка производится в роторном шпарчане, возможно применение вертикальной шпарки; -применяется отдельно порталная скребмашина и опалочная печь; -транспортирование голов, белых и красных органов до позиций обработки на конвейерах; -оглушение с помощью рестрайнер-бокса, возможно применение оглушения в CO <sub>2</sub> ; -возможно применение скребмашины непрерывного действия (винтовой); -применение 8-вальной бичевой мойки	Мясокомбинаты большой мощности
2	До 250	- оглушение с помощью рестрайнер-бокса или в среде CO <sub>2</sub> ; -вертикальная шпарка; -винтовая скребмашина непрерывного действия; -8-валовая бичевая мойка; -а также применение роботов на операциях распиловки туш на полутуши, отрезания головы и конечностей	Крупные мясокомбинаты

Для оценки целесообразности разработки линии производительностью 250 голов в час проанализируем статистические данные развития поголовья свиней в Республике Беларусь и Российской Федерации в таблице 2 [2].

**Таблица 2 – Статистические данные развития поголовья свиней в Республике Беларусь и Российской Федерации на конец года**

	2014	2015	2016	2017	2018
Беларусь	3267000	2925000	3205000	3145000	3156000
Российская Федерация	19451000	21405000	21924000	23076000	23726000

Анализируя таблицу 2 можно сделать вывод о том, что за последние 5 лет поголовье свиней в Российской Федерации и Республике Беларусь возросло. В Республике Беларусь 7–9 лет тому назад проведена реконструкция мясокомбинатов с целью повышения производительности технологических линий убоя и разделки скота. До реконструкции производительность линий составляла, в основном, 120 свиней в час. В настоящее время производительность линии в ОАО «Березовский мясоконсервный комбинат» составляет 150 голов в час, в ОАО «Брестский мясокомбинат» составляет 200 голов в час, а в ОАО «Волковысский мясокомбинат» и ОАО «Слонимский мясокомбинат» – 180. Поголовье свиней в нашей стране продолжает расти и появляется необходимость в применении линий еще большей производительности. Поэтому технологическая линия убоя и разделки свиней производительностью 250 голов в час востребована в нашей стране и особенно в Российской Федерации. Этой темой заинтересовались машиностроительные предприятия г. Бреста. Планируется подача заявки по данной теме для включения в региональную научно-техническую программу развития Брестской области.

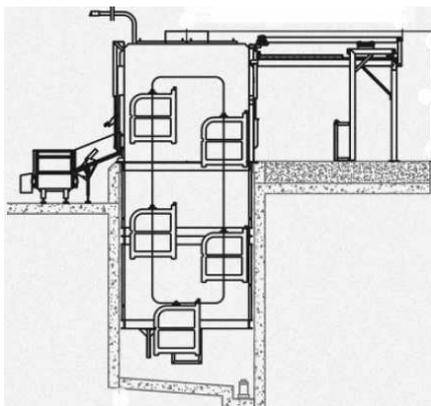
**Цель и задачи исследования.** Целью является организация серийного производства технологической линии на машиностроительном предприятии Республики Беларусь. Задачей является разработка технического проекта технологической линии убоя и разделки свиней 250 голов в час и определение технических характеристик технологической линии.

**Основная часть.** Схема и состав технологической линии представлена на рисунке 2.

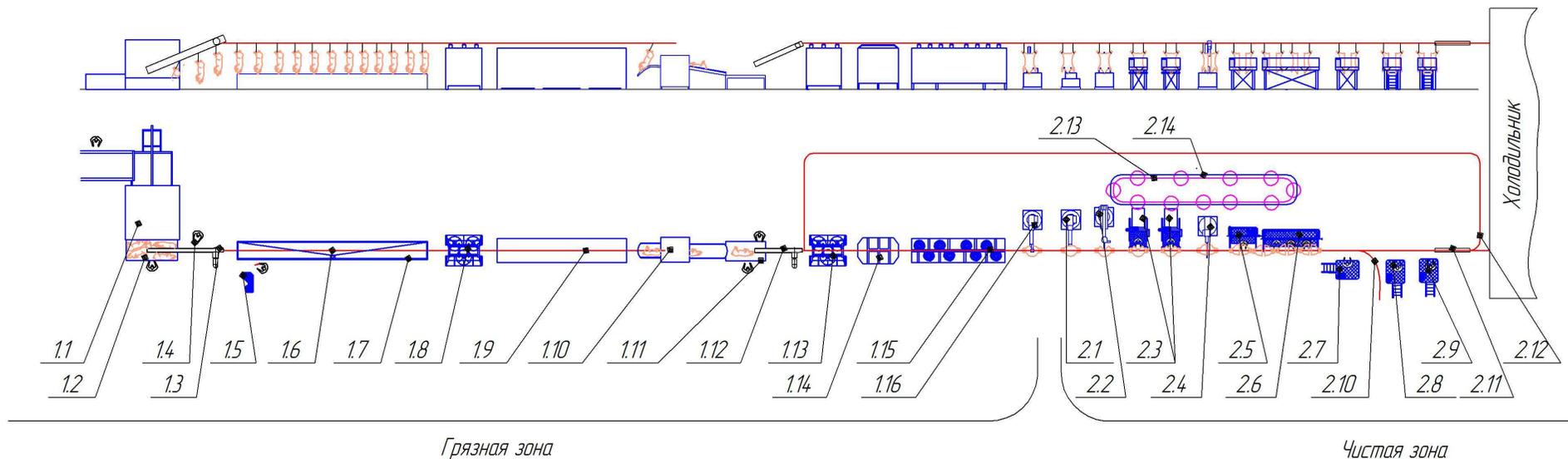
Описание принципа работы линии.

Оглушение, являющееся одной из важных операций в процессе убоя животных, осуществляется с целью их обездвиживания. Оглушения происходят с помощью газа  $CO_2$  (углекислым газом). Оглушение совершают в боксе в среде  $CO_2$ , разработка которого производится специалистами научно-исследовательской и проектно-конструкторской лабораторией «Комплекс» в рамках настоящей НИР. Схема бокса представлена на рисунке 2.

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 CDM 260-1-2 фирмы BANNIS (Германия)), где производится обезволашивание.



**Рисунок 1 – Схема разрабатываемого бокса**



**Грязная зона:** 1.1 Бокс для оглушения в среде CO<sub>2</sub>. 1.2 Стол для приема туш. 1.3 Элеватор для подъема туш. 1.4 Полый нож для сбора пищевой крови. 1.5 Фортухомойка. 1.6 Конвейер обескровливания. 1.7 Ванна для сбора технической крови. 1.8 Трех валовая моечная машина. 1.9 Ошпарочный туннель. 1.10 Скребмашина непрерывного действия. 1.11 Стол приема туш. 1.12 Элеватор для подъема туш на основной конвейер. 1.13 Обивочная машина. 1.14 Опалочная печь. 1.15 Восьми вальная обивочная машина. 1.16 Робот для обработки заднего прохода

**Чистая зона:** 2.1 Робот для рассечения шейных позвонков. 2.2 Робот для распиловки грудины. 2.3 Пневматическая площадка для нутровки. 2.4 Робот для распиловки туши на полутуши. 2.5 Пневматическая площадка дообрезки и извлечения спинного мозга. 2.6 Пневматическая площадка для мокрого и сухого туалета. 2.7 Пневматическая площадка для осмотра вет. врача. 2.8 Площадка для определения качества и упитанности туш, 2.9 Площадка маркировки и клеймения, 2.10 Конвейер для подозрительных туш. 2.11 Взвешивание полутуши. 2.12 Конвейер обработки туш и полутуш. 2.13 Конвейер белых органов. 2.14 Конвейер красных органов

**Рисунок 2 – Схема технологической линии убоя и разделки свиней производительностью до 250 голов в час**

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 2x4S фирмы BANNS (Германия)), в которых туша скребками очищается от следов нагара. После этого туша направляется на конвейер нутровки.

Перед нутровкой тушам 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 производится водой с температурой 35-40 °С полутуш с помощью фонтанирующих щеток. Далее проводится осмотр ветеринара, который производит клеймение и маркировку. После взвешивания туша подается на хранение в холодильник.

Технические характеристики линии: 1) производительность 250 голов в час; 2) установленная мощность 30 кВт; 3) длина линии 115000 мм; 4) высота линии 4500 мм; 5) потребление холодной воды 8 м<sup>3</sup>; 6) потребление горячей воды 7 м<sup>3</sup>.

### **Заключение**

В ходе выполнения настоящей работы разработан технический проект технологической линии убоя и разделки свиней 250 голов в час. Произведен сырьевой расчет, а также определены технические характеристики технологической линии.

Данная разработка представляет интерес как для мясоперерабатывающей отрасли Республики Беларусь, так и для стран СНГ, 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. Попеня Классификация мясожировых производств по мощности и технологических линий убоя и разделки скота по производительности / Н. У. Ляшук, Ю. В. Сакович, А. В. Кот, А. А. Попеня // Мясная индустрия. – Москва. – № 3. – 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 664.02:637.5

*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**

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 в соответствии с классификацией».

Для оценки целесообразности разработки линии производительности 80 голов в час проанализируем статистические данные развития поголовья КРС в некоторых странах СНГ, представленные в таблице [2].

**Таблица – Статистические данные развития поголовья КРС в некоторых странах СНГ (на конец года; тысяч голов)**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Беларусь	4 151	4 247	4 367	4 322	4 364	4 356	4 299	4 362
Кыргызстан	1 299	1 339	1 368	1 404	1 458	1 493	1 528	-
Узбекистан	9094	9643	10141	10607	-	-	-	12415
Казахстан	6175	5702	5690	5851	6033	6184	6413	6745

Анализируя таблицу [2], можно сделать вывод о том, что в целом происходит постепенный рост поголовья крупного рогатого скота на территории стран СНГ. В связи с этим возникает необходимость в разработке линий большой мощности, в том числе технологической линии производительностью 80 голов в час.

В Республике Беларусь 7–9 лет тому назад проведена реконструкция мясокомбинатов с целью повышения производительности технологических линий убоя и разделки скота. До реконструкции производительность линий составляла, в основном, 25 КРС в час. В настоящее время производительность линии в ОАО «Березовский мясоконсервный комбинат» составляет 50 голов в час, в ОАО «Брестский мясокомбинат» составляет 60 голов в час, а в ОАО «Волковысский мясокомбинат» – 80. Поголовье КРС в нашей стране продолжает расти и появляется необходимость в применении линий производительностью 80 голов в час и более.

Поэтому технологическая линия убоя и разделки КРС производительностью до 80 голов в час востребована в нашей стране и особенно в Российской Федерации. Этой темой заинтересовались машиностроительные предприятия г. Бреста. Планируется подача заявки по данной теме для включения в региональную научно-техническую программу развития Брестской области.

Отличительные особенности линии 80 голов в час от линии производительностью 50 голов в час:

1. Увеличение длины линии за счет увеличения длины некоторых участков: обескровливания, подготовка к съему шкуры, обработки полутуш.
2. Увеличение количества рабочего персонала (бойцов).
3. Из-за увеличения производительности в линию экономически целесообразно включать роботы для автоматизации следующих технологических процессов: разрезания грудины, отрезания головы и для распилки туши на полутуши.

Ниже приведены основные расчеты для данной линии:

1. Определим длину ванны обескровливания по формуле

$$L = \frac{A \cdot l \cdot t}{T \cdot 60}, \quad (1)$$

где  $L$  – длина участка пути, м;

$A$  – сменная производительность в головах;

$l$  – расстояние между тушами на конвейере (для свиней 1,8 м);

$t$  – длительность процесса (операции) в минутах;

$T$  – длительность смены, ч.

Длительность обескровливания для КРС составляет до 8 минут.

$$L = \frac{A \cdot l \cdot t}{T \cdot 60} = \frac{560 \cdot 1,8 \cdot 8}{7 \cdot 60} = 19,2 \text{ м.}$$

Длина ванны обескровливания составляет 19,2 м.

2. Расчет скорости конвейеров обескровливания и обработки туш и полутуш. Скорость конвейера обескровливания определяют по формуле:

$$v = \frac{A \cdot l}{T \cdot 60}, \quad (2)$$

где  $A$  – производительность цеха (голов/смену);

$l$  – расстояние между рабочими пальцами конвейера (для КРС равна 1,8 м);

$T$  – длительность смены, ч.

$$v = \frac{A \cdot l}{T \cdot 60} = \frac{560 \cdot 1,8}{7 \cdot 60} = 2,4 \text{ м / мин.}$$

Выбор типа конвейерных линий и расчет их устройств должен обеспечить ритм потока. Для решения этой задачи в цехах, оборудованных конвейерными линиями, необходимо определить ритм технологического потока, т. е. промежутки времени в секундах, через которые туши сходят с конвейера.

**3 Ритм определяется по формуле:**

$$R = \frac{3600 \cdot T}{A}, \quad (3)$$

где  $R$  – ритм, с/гол.;

$T$  – длительность работы линии в течении смены в часах;

$A$  – количество голов скота, перерабатываемого в смену.

$$R = \frac{3600 \cdot 7}{560} = 45 \text{ с / гол.}$$

Целесообразность применения роботов может быть доказана анализом результата, полученного по формуле (3), и изучением состава зарубежных аналогов. Установлено, что на распиловку туш на полутуши КРС у бойца уходит в среднем 35 секунд (без стерилизации инструмента). Работа бойца в данных условиях невыполнима вследствие его физических возможностей. Для распиловки туши у робота уходит 9 секунд (без стерилизации инструмента).

Распиловка грудины человеком занимает 30 секунд, однако конвейер при этом останавливается. В нашем случае конвейер работает без остановок, следовательно целесообразнее применять роботов.

Отделение головы выполняется роботом из-за близости робота для отделения головы (техника безопасности). Схема и состав технологической линии представлена на рисунке. КРС через загон 1 при помощи электропогонялки 2 заходят в бокс для оглушения 3. Там боец проводит оглушение при помощи пневматического устройства для оглушения 4, после этого в боксе открывается дверца и КРС вываливается на платформу для приема туш 5, где боец накладывает на одну ногу путовую цепь и при помощи цепного элеватора 6 подвешивает тушу на троллей обескровливания.

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

После этого туша идет по троллею в секцию подготовки к снятию шкуры, где боец при помощи ручных ножей 21 проводят забеловку головы, потом, при помощи гидравлических клещей 19 производится отрезание передних ног. Далее с помощью ручного ножа 21 проводится забеловка ахилловых сухожилий передних ног, потом при помощи рогорубки 22 отрубается рога. Далее боец производит пересадку туш с конвейера обескровливания 10 на конвейер обработки туш 17, снимает путовую цепь и подвешивает туши на роликовые троллеи. На конвейере обработки производится забеловка шкуры задних ног ручным ножом 21, гидравлическими клещами 19 отделяется путовой сустав от цевки. Далее проводится забеловка хвоста ручным ножом 21.

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

Теперь туша готова для снятия шкуры, она поступает на роликовую шкуротъемку типа «сверху-вниз» 25. На нем два бойца на подъемно-опускных площадках при помощи забеловочных ножей 26 проводят подрезание шкуры в процессе ее снятия шкуротъемкой, для качественного ее снятия.

Затем производится разрезание грудины роботом с дисковой пилой 28.

Затем туша поступает на позицию для обезглавливания, которая проводится при помощи робота для отделения голов 29. Голова поступает в машину для мойки голов 30, после чего голова поступает на конвейер для голов 31.

После этого туша поступает на нутровку для извлечения внутренних органов, где боец проводит сортировку органов на красные и белые и отправляет их на соответствующие конвейеры (33, 34). Затем туша идет на распиловку при помощи робота с ленточной пилой 36, где проводится ее распиловка на полутуши. Робот на позиции распиловки туш на полутуши устанавливается на направляющих с целью перемещения вместе с движущейся тушей во время операции распиловки. Пила робота крепится к балансиру для снятия части нагрузки.

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

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

Технические характеристики линии

Установленная мощность – 22,3 кВт.

Длина 60000 мм; ширина 6000 мм; высота 5900 мм.

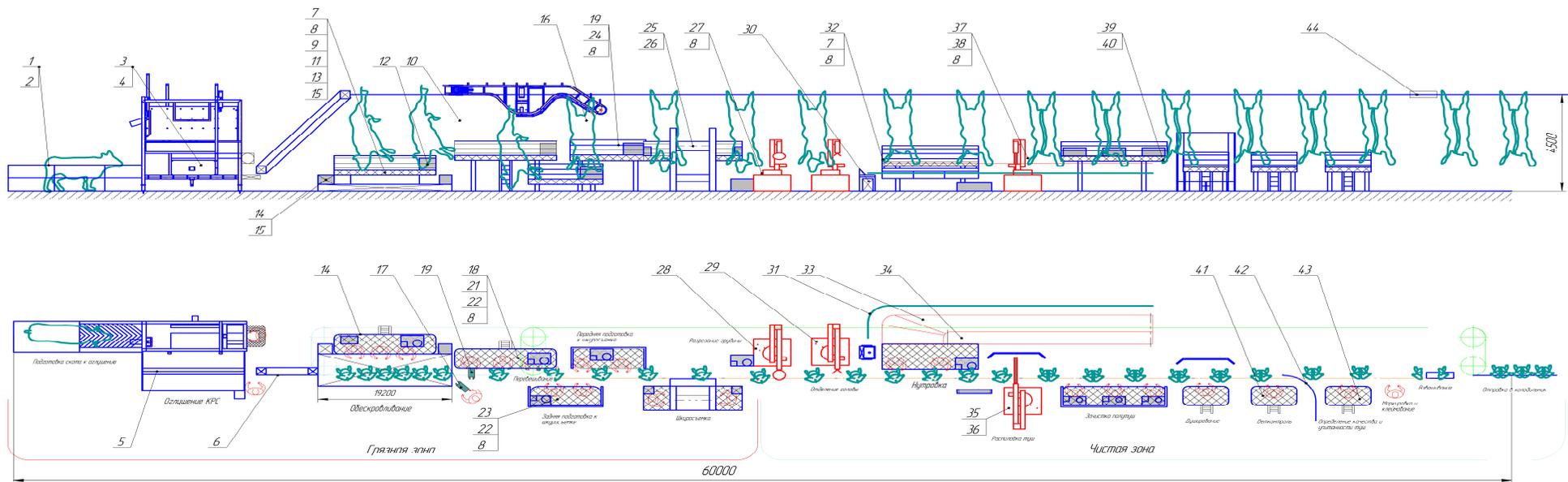
Потребление воды: всего – 10,91 м<sup>3</sup>/смена.

Потребление сжатого воздуха 2402,8 м<sup>3</sup>/смену.

Численность работающих бойцов – 35.

**Заключение.** Данная разработка представляет интерес как для мясоперерабатывающей отрасли Республики Беларусь, так и для стран СНГ, т. к. в ходе анализа отечественного и мирового производства технологических линий было определено, что ТЛ производительностью 80 голов в час является востребованной в странах СНГ.

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



**Рисунок 1 – Схема технологической линии убоя и разделки КРС производительностью до 80 голов в час**

### 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, А. В. Кот, А. А. Попеня // Мясная индустрия. – № 3. – 2019. – Москва. – С. 40–44.
2. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/upload/iblock/467/467aa1b41867af2c6161954be82ccca6.pdf>. – Дата доступа: 15.05.2019.
3. Мясожировое производство: убой животных, обработка туш и побочного сырья / Под ред. А. Б. Лисицына. – М.: ВНИИ мясной промышленности, 2007.

УДК 629.113

**Лицкевич И. В.**

**Научный руководитель: м. т. н. Волощук А. А.**

## СИСТЕМЫ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТОРМОЖЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Использование автомобилей на электротяге, а также большего числа электропотребителей: системы подогрева сидений и руля, «продвинутые» аудиосистемы, навигаторы, телевизоры и многое другое – всё это увеличивает потребность автомобиля в электроэнергии.

Одним из решений этой проблемы инженеры-конструкторы многих автозаводов видят в использовании системы рекуперативного торможения, которая позволяет компенсировать потери электроэнергии, снизить расход топлива и продлить ресурс тормозных колодок.

Рекуперативное торможение (от лат. recuperatio «обратное получение; возвращение») – вид электрического торможения, при котором электроэнергия, вырабатываемая тяговыми электродвигателями, работающими в генераторном режиме, возвращается в электрическую сеть.

Они используют электромоторы или генераторы для преобразования энергии замедления автомобиля в электричество, возвращая часть энергии сгоревшего в двигателе топлива обратно.

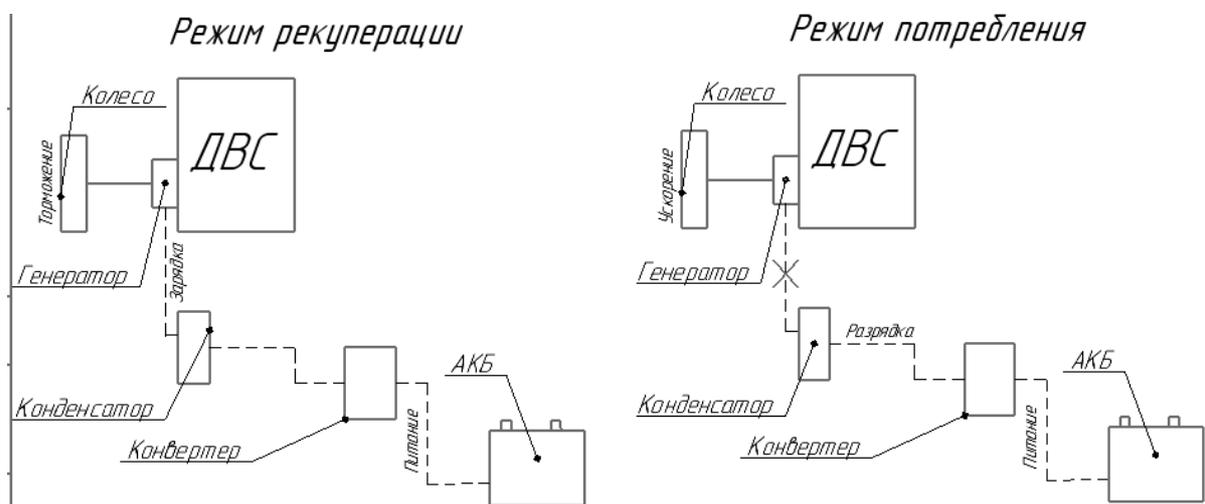
Рассмотрим наиболее известные системы рекуперации тормозных усилий на сегодняшний день.

Компания Mazda провела исследования того, как на автомобилях происходит разгон и торможение, и разработала высокоэффективную рекуперативную тормозную систему, которая практически мгновенно преобразует в электричество большой объем кинетической энергии при каждом замедлении автомобиля. В отличие от гибридных силовых установок, разработка компании Mazda не нуждается в дополнительном электромоторе и аккумуляторных батареях [1].

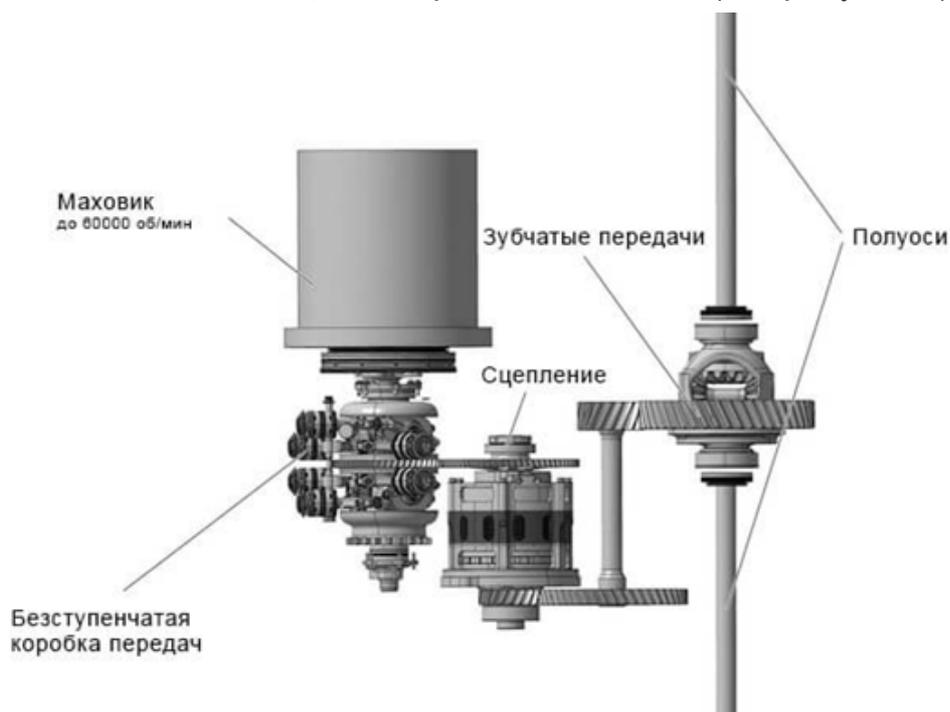
Данная система получила название i-ELoop (Intelligent Energy Loop), что дословно переводится как «умная энергетическая петля», отражая стремление Mazda к эффективному расходу энергии (см. рисунок 1).

Система i-ELoop включает в себя новый регулируемый генератор (напряжение 12-25 В), суперконденсатор с пониженным внутренним сопротивлением и преобразователь постоянного тока. i-ELoop начинает преобразовывать кинетическую энергию в накопление электроэнергии в тот момент, когда водитель начинает отпускать педаль акселератора и автомобиль замедляется. Регулируемый генератор начинает вырабатывать ток напряжением 25 В (для максимальной эффективности), который поступает в суперконденсатор для последующего хранения. Данный суперконденсатор был разработан специально с целью использования в автомобилях. Его полная зарядка занимает всего несколько секунд. Преобразователь постоянного тока вступает в работу,

когда запасенная в суперконденсаторе энергия начинает расходоваться на питание электрооборудования автомобиля. Он понижает напряжение с 25 до 12 В, – до уровня, используемого в основной части бортовой электросети автомобиля. При необходимости система также может подзарядить аккумуляторную батарею. i-ELoop включается в работу при каждом замедлении автомобиля, уменьшая количество топлива, которое необходимо сжечь в двигателе для выработки электроэнергии. В результате, при движении в режиме «старт-стоп» экономичность повышается примерно на 10 процентов [1].



Помимо электрического способа рекуперации кинетической энергии, существуют и другие способы: механический, гидравлический, пневматический. Самый распространенный из них является механический способ и построенные на его основе система рекуперации кинетической энергии (Kinetic Energy Recovery Systems, KERS). В данной системе кинетическая энергия движущегося автомобиля возвращается при торможении и сохраняется для дальнейшего использования с помощью маховика. В отличие от рекуперативного торможения система KERS не создает тормозной момент (см. рисунок 2).



Маховик включен в трансмиссию автомобиля, вращается в вакуумной камере и при торможении разгоняется до 60000 об/мин. Конструкция обеспечивает сохранение энергии до 600 кДж и передачу мощности до 60 кВт (80 л.с.). Запасенная энергия используется для кратковременного скоростного рывка в движении или при трогании с места.

Система KERS применяется в автоспорте на автомобилях Formula 1 с 2009 года. На автомобилях массового использования применение данной системы только планируется. Ближе всех к серийному применению системы рекуперации кинетической энергии находятся разработки компании Volvo.

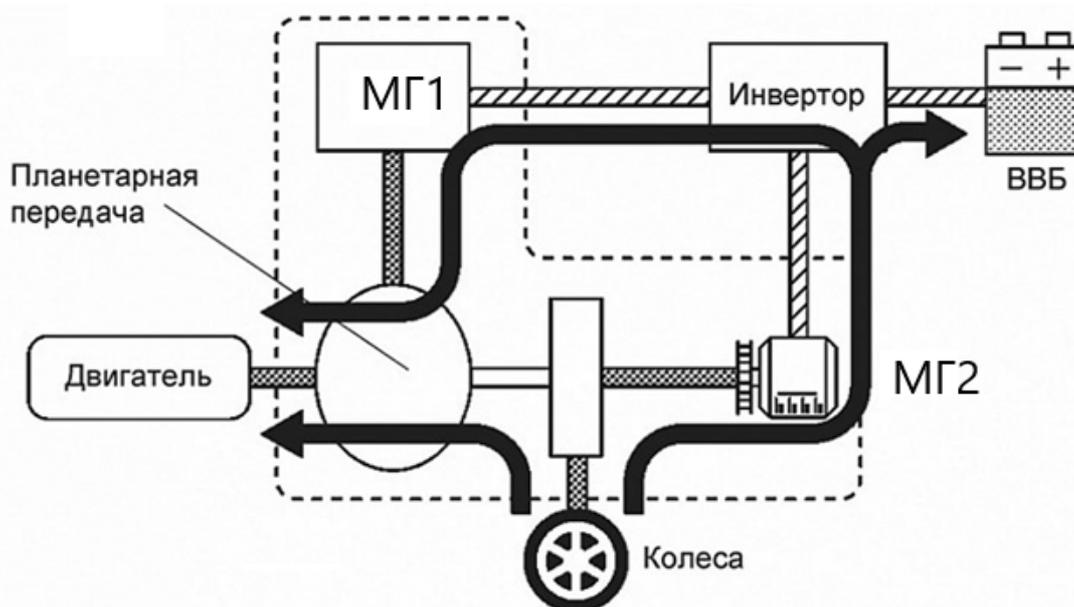
Систему KERS предлагается использовать при движении автомобиля в городском цикле. При торможении двигатель автомобиля выключается, маховик раскручивается и запасает энергию. При трогании с места используется энергия маховика, автомобиль трогается, а двигатель запускается уже в движении.

По заявлениям Volvo применение системы рекуперации кинетической энергии обеспечивает снижение расхода топлива на 20% и сокращение вредных выбросов [2].

Из недостатков системы KERS особенно актуален следующий: хоть маховик и вращается в вакууме, но от трения в подшипниках никуда не денешься и, в результате, при долгой остановке, например на светофоре, значительная часть переданной энергии теряется впустую: на трение в подшипниках. Поэтому наибольшее применение данная система получила именно в гоночных автомобилях, где время остановок минимально.

Перейдем к рассмотрению принципа работы, наверное, самого массового автомобиля с гибридной установкой – Toyota Prius (см. рисунок 3).

Во время движения накатом МГ2 создает генераторную нагрузку, которая имитирует торможение двигателем. При нажатии на педаль тормоза генерация электроэнергии МГ2 увеличивается, что реализуется резким повышением такой нагрузки. В результате автомобиль быстрее замедляет ход. В отличие от тормозов трения, которые тратят впустую кинетическую энергию на производство тепла, электроэнергия, произведенная рекуперативным торможением, сохранится в батарее и в дальнейшем будет использована. Компьютер вычисляет, какое замедление будет произведено таким способом, и на соответствующую величину уменьшает гидравлическое давление, передаваемое фрикционным тормозным механизмам.



**Рисунок 3 – Схема работы автомобиля Toyota Prius в режиме торможения**

В обычном автомобиле в режиме эксплуатации крутого спуска вы переключаетесь на пониженную передачу, чтобы увеличить интенсивность торможения двигателем. Силовой агрегат, противодействуя движению, помогает тормозам замедлить скорость. Тот же выбор режима торможения доступен и Prius. Установив рычаг управления ТС в положение «В», вы, собственно, задаете режим, при котором двигатель будет использован и для торможения. Как правило, двигатель в режиме торможения работает в программе «В». Она реализует задачу таким образом, чтобы мотор/генераторы включились в процесс торможения путем управления электрическими потоками, а ДВС вращался без топлива и с почти закрытым дросселем. Сопротивление, которое создает силовой агрегат, работающий в этой программе, эффективно замедляет автомобиль, уменьшая нагревание тормозов, и позволяет ослабить усилия давления на педаль тормоза [3].

В работе электронная система рекуперативного торможения взаимодействует с антиблокировочной системой тормозов, системой распределения тормозных усилий, системой курсовой устойчивости, усилителем экстренного торможения.

К недостаткам данной системы можно отнести тот факт, что в данной тормозной системе механическая связь между педалью тормоза и тормозными колодками отсутствует. Решение о торможении принимает электроника на основании анализа действий водителя и характера движения автомобиля.

Таким образом, рассмотрев существующие системы рекуперативного торможения на автомобильном транспорте, можно выделить главный недостаток, что на малых скоростях тормозной момент падает, и это может привести к увеличению тормозного пути автомобиля на 0,30-0,60 м, что в свою очередь повышает риск ДТП в плотном городском трафике. Именно по этой причине система рекуперативного торможения требует усовершенствований и доработок в области безопасного использования на дорогах общего пользования.

Одной из таких доработок может стать альтернативная педаль торможения, которой водитель сможет воспользоваться в случае экстренной ситуации. Особенностью дополнительной педали торможения в автомобилях с системой рекуперации будет являться то, что она не будет зависеть от команд ЭБУ, отвечающего за распределение тормозных усилий между генератором и тормозными колодками, а, как и в традиционной системе торможения, будет передавать усилие от педали тормоза непосредственно к тормозным колодкам, тем самым гарантируя 100% срабатывание тормозов в случае необходимости, обеспечивая эффективное торможение на всех режимах движения автомобиля.

Еще одним решением проблемы увеличения тормозного пути автомобиля может стать режим отключения рекуперативного торможения в городском цикле с относительно низкими скоростями движения.

Также можно комбинировать несколько систем в одном автомобиле. К примеру, создать систему рекуперации с электродвигателями на передней оси, работающие по схеме ToyotaPrius, а с системой KERS на задней оси, применяемой на автомобилях Volvo. Данный симбиоз двух систем позволит повысить тягово-динамические характеристики автомобиля, особенно при старте, и уменьшит тормозной путь, без применения тормозных колодок, поскольку тормозной момент будет создаваться не только работающими генераторами, но и маховиком, что должно значительно повысить эффективность рекуперации и продлить срок службы тормозных колодок.

Так любое из этих решений позволит сделать автомобили с рекуперативной тормозной системой более безопасными, возможно даже по сравнению с автомобилями, использующими обычную систему торможения, поскольку, при правильной работе систем рекуперации, тормозной момент создается не только тормозными цилиндрами по средствам колодок, но и генераторам либо маховиком.

### **Список цитированных источников**

1. Mazda i-ELoop – первая в мире рекуперативная тормозная система для легковых автомобилей на основе использования конденсатора // drive.ru [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://www.drive.ru/blogs/mazda/4efb33b900f11713001e6874.html>. – Дата доступа: 25.04.2019.
2. Система рекуперативного торможения// drive.ru [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://www.drive2.ru/b/1435051>. – Дата доступа: 25.04.2019.
3. Технологии ремонта и обслуживания гибридных автомобилей // Журнал «АБС-авто» [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://www.abs-magazine.ru/article/tehnologii-remonta-i-obslujivaniya-gibridnih-avtomobiley-shkola-sergeya-gordeeva-urok-tretiy>. – Дата доступа: 25.04.2019.
4. Рекуперативный тормоз для электромобилей и гибридов // facepla.net [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://www.facepla.net/index.php/content-info/346-recuperate-friction-regen-braking>. – Дата доступа: 25.04.2019.

УДК 338.2

**Мартысюк А. С., Галах К. А.**

**Научный руководитель: к. э. н., доцент Костенко Н. В.**

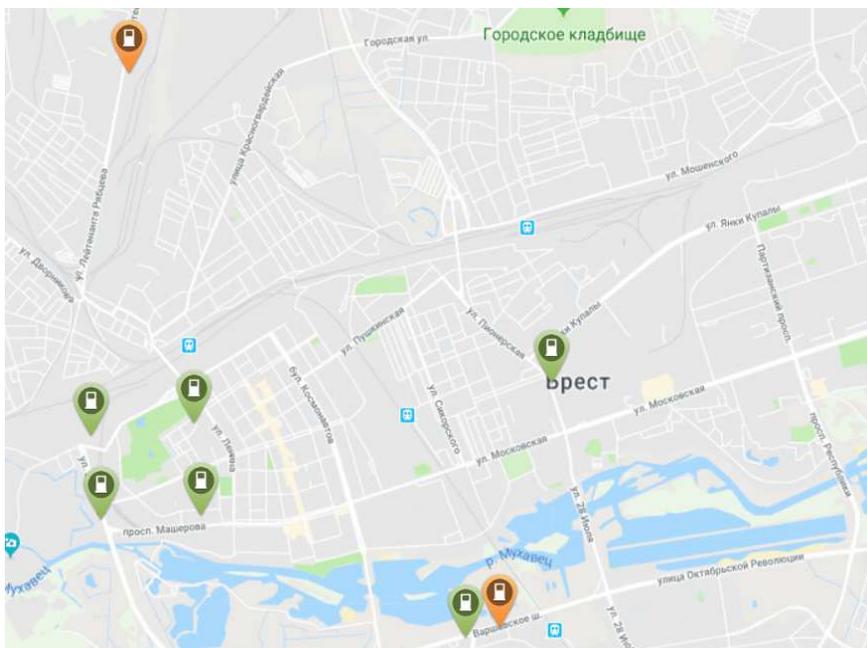
## **ТРАНСПОРТНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

Электромобиль – автомобиль, приводимый в движение одним или несколькими электродвигателями с питанием от автономного источника электроэнергии (аккумуляторов, топливных элементов, конденсаторов и т. п.), а не двигателем внутреннего сгорания. В электромобилях отсутствует большинство расходных материалов, которые требуют частой замены у авто с ДВС. У электрокара единственный фильтр – салонный. Моторное масло, ремни и ролики отсутствуют. Но, как и у обычного автомобиля, есть тормозная жидкость, периодически требующая замены. Антифриз, охлаждающий или обогревающий тяговую батарею, меняется раз в пять лет.

Для восполнения энергии батареи с помощью быстрой зарядки электрогрузовику Volvo FL Electric требуется не более двух часов. Если пользоваться обычной розеткой – 10. Проехать на заряженной «до отказа» батарее можно до 300 километров. Величина может изменяться, поскольку зависит от таких факторов, как покрытие дороги, погодные условия, вес водителя. Грузовики Volvo FL Electric, работающие на электричестве, массой 16 тонн, заказаны уже компанией Renova, собирающей мусор и перерабатывающей отходы, и TGM, специализирующейся на перевозке грузов. Им первым поставят электрогрузовики. Выпуск Volvo FL Electric, способного облегчить доставку грузов в пределах города и обеспечить сбор и вывоз отходов, решено начать в следующем году начать в Европе. Не загрязняющий внешнюю среду Volvo FL Electric станет отличным транспортом, который сможет работать в природоохранных зонах и терминалах (закрытых). Электрические грузовики Volvo FL Electric, не производящие выхлопов, помогут улучшить качество городского воздуха, снизят шумность и позволят более свободно планировать инфраструктуру, избавят от дорожных пробок. Если не вдаваться в тонкости автомобилестроения, можно выделить несколько положительных моментов данного электрогрузовика:

- Назначение – перевозка грузов, сбор отходов и прочие задачи города;
- Вес – 16 тонн;
- Мощность мотора электрического – 185 кВт;
- Коробка скоростей – двухступенчатая;

- Литий-ионный аккумулятор – емкость до 300 кВт/ч;
- Прходимое расстояние без подзарядки – 300 км;
- Пополнение заряда – от переменного тока и быстрый заряд (150 кВт);
- Продолжительность восполнения энергии питающего аккумулятора емкостью 300 кВт/ч, – до 2 часов (от источника тока постоянного), в 5 раз больше времени – от переменного.



Для того, чтобы говорить о полной замене грузовых автомобилей

**Рисунок 1 – Электрозаправки Бреста**

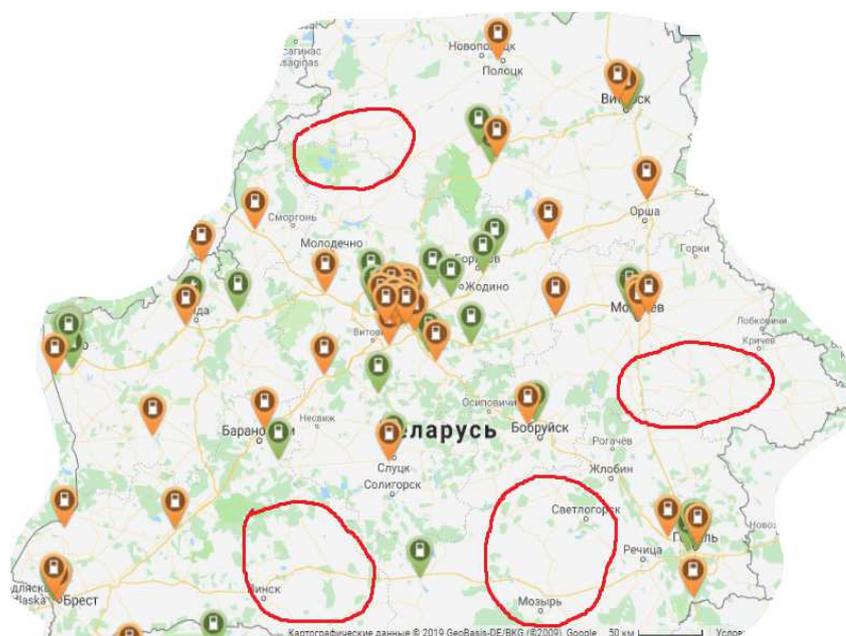
электромобилями, необходимо провести ряд исследований, касающихся автомагистралей. Главная проблема, с которой можно столкнуться, это нехватка автозаправочных станций.

Как мы можем заметить на рисунке 1, в городе Бресте 8 электрозаправочных станций, что может говорить о том, что проблем с перевозками только по городу быть не должно, однако, если говорить о стране в целом, можно наблюдать следующую картину (рис. 2).

**Рисунок 2 – Электрозаправочные станции в Беларуси**

Исходя из рисунка 2, можно заметить пустые места на карте Республики Беларусь, в которых не хватает электрозаправочных станций:

- Мозырь (Р31);
- Светлогорск (М10);
- Национальный парк Нарочанский (Р28, Р86);
- Глубокое (Р3);
- Славгород (Е-95);
- Пинск (М10).



Данные места связаны с одними из крупнейших автомагистралей страны, что будет сказываться на дополнительных издержках, связанных с изменением маршрута.

Если говорить об экономической стороне вопроса, можно сравнить затраты на топливо с затратами на электрозаправку. Мы взяли средний расход газели на 100 километров в загруженном состоянии – 15 литров дизельного топлива. Стоимость на 02.06.2019 – 1 рубль 69 копеек. Путем несложных математических расчётов установили, что на 100 км мы тратим 25 рублей 35 копеек. Что же касается электрогрузовых автомобилей, то тариф на электроэнергию для зарядки электромобилей – 0,15693 рубля (без НДС) за 1 кВт ч на 48% ниже общего тарифа для организаций, работающих в сфере услуг. Это сравнимо с тарифом на электрическую энергию для населения, обеспечивающим полное возмещение экономически обоснованных затрат на ее выработку. Проехать на заряженной «до отказа» батарее можно до 300 километров. Величина может изменяться, поскольку зависит от таких факторов, как покрытие дороги, погодные условия, загруженность автомобиля. Учитывая всё это, можно заметить, что зарядка электроавтомобилей в десятки раз экономичнее.

Подводя итоги, хочется сказать, что внедрение электрогрузового транспорта и частичная замена уже существующего грузового транспорта неизбежна, так как масштаб экономии очень велик: экономия в добавленной стоимости перевозок, экономия земных ресурсов и другие. Однако если рассматривать вопрос времени, то тут говорить не о чем: время на зарядку грузового автомобиля до 5 минут, а электрогрузового – до 10 часов. Однако, если говорить о будущем в развитии электротранспорта, не исключено, что время зарядки может сократиться в разы.

#### **Список цитированных источников**

1. AUTO.TUT.BY информационный портал Беларуси. Электромобили в Беларуси. Евгений Дударев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://auto.tut.by/news/exclusive/548253.html?crnd=22761> – Дата доступа: 22.05.2019.
2. MOTOCARELLO портал об электротранспорте. Электрогрузовые автомобили Volvo [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://motocarrello.ru/jelektromobili-volvo/1851-volvo-fl-electric.html> – Дата доступа: 22.05.2019.
3. RASHODTOPLIVA информационный портал об автотранспорте. Расход топлива у газели. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rasxodtopliva.ru/12-gazel.html> – Дата доступа: 22.05.2019.

УДК 681.5

**Пахомский П. В.**

**Научный руководитель: к. т. н., доцент Прокопеня О. Н.**

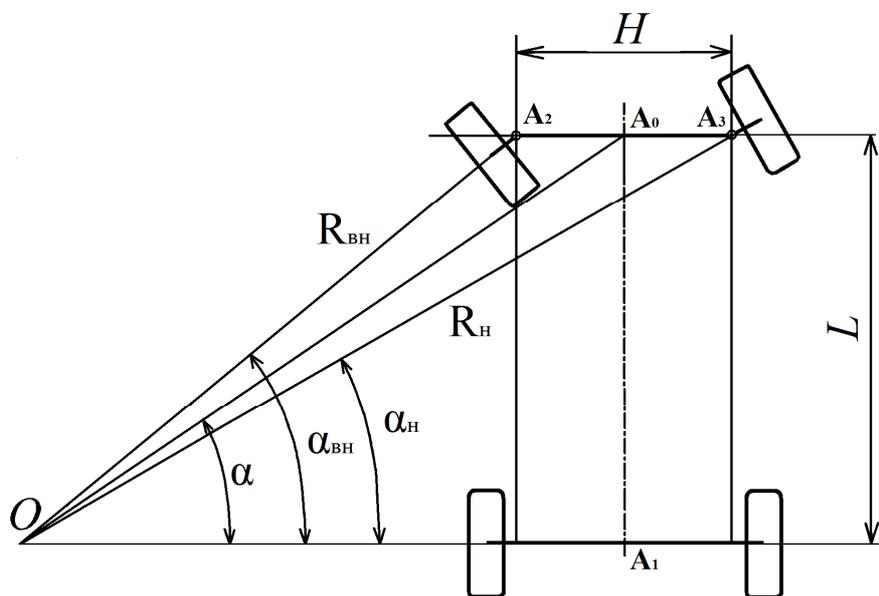
### **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДАМИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА**

Проблемы управления движением мобильных транспортных средств рассмотрены в [1, 2]. Однако в данных работах не рассматривались вопросы взаимодействия приводов поворота колес и их вращения, в то время как это оказывает существенное влияние на характер движения.

Целью данной работы является построение системы управления приводами поворота и вращения колес мобильного робота. Рассматривается конструкция робота с индивидуальными приводами поворота двух передних колес, которые имеют индивидуальные приводы вращения. Таким образом, система должна обеспечивать согласованное действие четырех приводов, обеспечивающее монотонный характер движения. Это достигается, с одной стороны, обеспечением заданного соотношения между углами поворота колес при движении по

криволинейной траектории и, с другой стороны, соответствующим изменением скорости вращения колес в зависимости от угла поворота. Задача состоит в синтезе регуляторов приводов, обеспечивающих поддержание указанных соотношений в динамике с заданной точностью.

Положение колес робота при движении по дуге окружности показано на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Схема мобильного робота**

Робот поворачивается относительно точки  $O$ , а вектор скорости точки  $A_0$  повернут на угол  $\alpha$  относительно его продольной оси. При этом требуемые углы разворота колес (внутреннего и наружного)

$$\alpha_{BH} = \arctg\left(\frac{L}{L/\operatorname{tg}(\alpha) - 0,5H}\right), \quad (1)$$

$$\alpha_H = \arctg\left(\frac{L}{L/\operatorname{tg}(\alpha) + 0,5H}\right), \quad (2)$$

где  $L$  – расстояние между осями колес,  $H$  – расстояние между колесами одной оси.

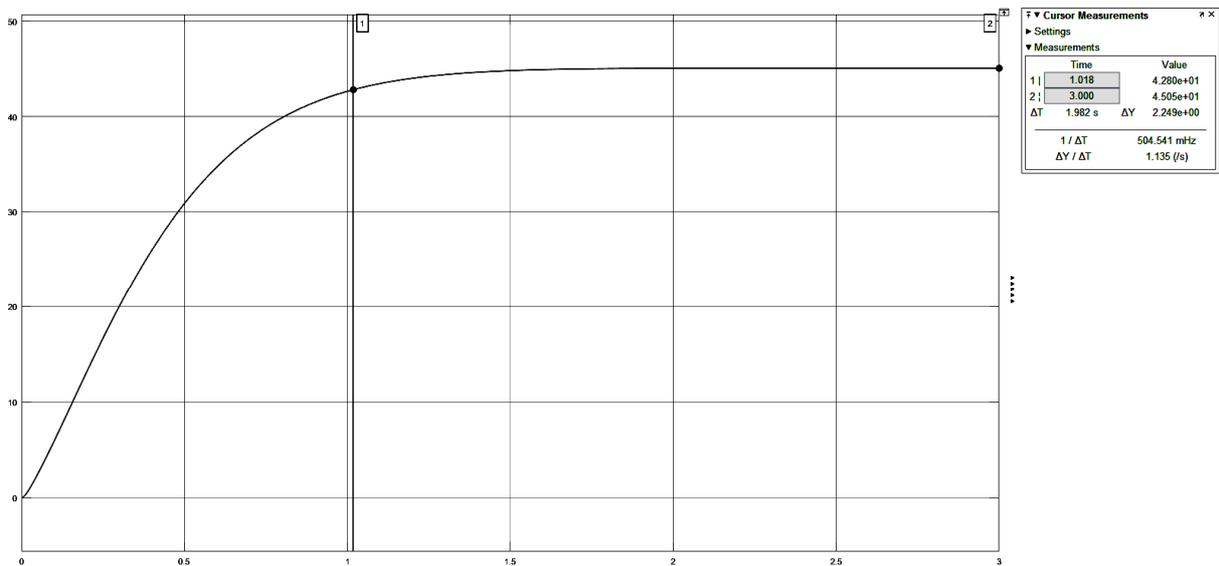
Соответственно, требуемые значения угловых скоростей колес для обеспечения отсутствия проскальзывания, учитывая, что внутреннее колесо обкатывается относительно точки  $O$  по радиусу  $R_{BH}$ , а наружное – по радиусу  $R_B$ ,

$$\omega_{BH} = \frac{V}{0,5d} \cdot \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\alpha_{BH})}, \quad (3)$$

$$\omega_B = \frac{V}{0,5d} \cdot \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\alpha_B)}, \quad (4)$$

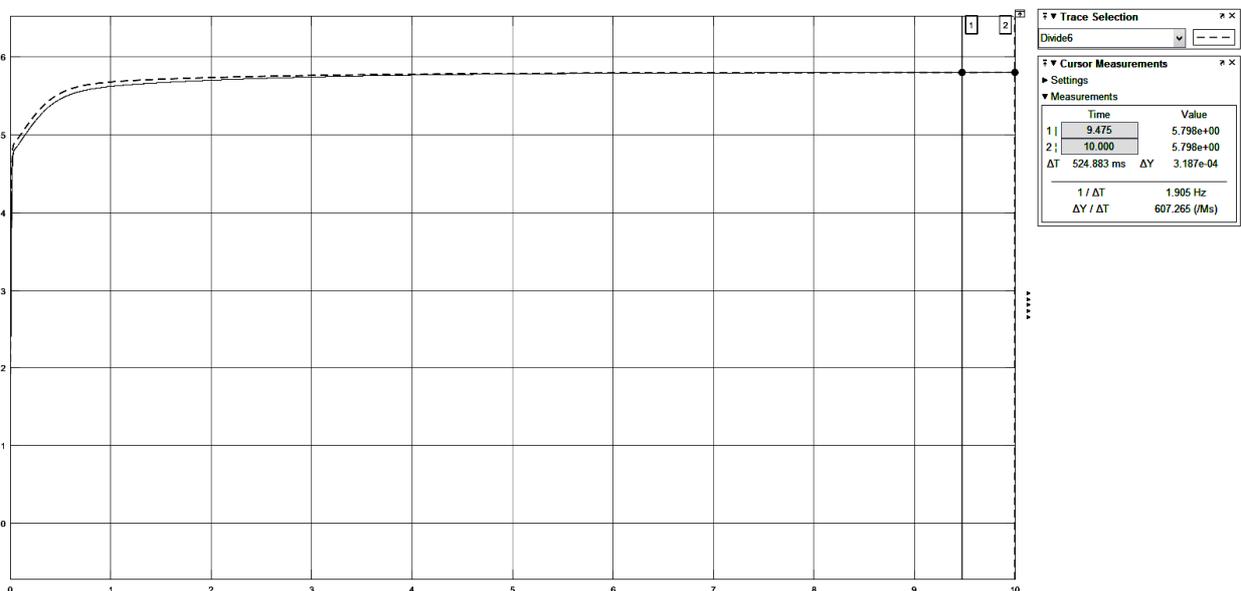
где  $V$  – скорость точки  $A_0$ ,  $d$  – диаметр колес.

Для приводов поворота колес был синтезирован ПД-регулятор, который обеспечивает переходную характеристику, приведенную на рисунке 2. Он обеспечивает требуемое качество и пропорциональную зависимость между углами поворота двух колес.



**Рисунок 2 – Переходная характеристика привода поворота колеса**

Для приводов вращения колес использован ПИД-регулятор, при котором система имеет астатизм первого порядка и нулевую установившуюся ошибку. Результаты моделирования в среде MATLAB работы привода в процессе поворота колеса приведены на рисунке 3. Пунктирной линией показано заданное значение скорости вращения колеса в соответствии с (3), где угол  $\alpha$  берется как выходная переменная привода поворота колеса. Сплошной линией показано реальное изменение скорости с учетом динамики привода.



**Рисунок 3 – Отработка заданного значения скорости в процессе поворота колеса**

Как следует из рисунка 3, привод обрабатывает заданную скорость с высокой точностью, что обеспечивает отсутствие проскальзывания ведущих колес в процессе движения по криволинейной траектории.

Таким образом, результаты моделирования подтверждают, что система управления приводами на основе регуляторов указанного типа может обеспечить качественное управление движением. Результаты расчета можно использовать для практической реализации приводов мобильных роботов.

### **Список цитированных источников**

1. Прокопеня О. Н. Управление движением мобильных роботов / О. Н. Прокопеня, В. В. Халитов, К. А. Козлович // Инновационные технологии, автоматизация и мехатроника в машино- и приборостроении : материалы II Международной научно-практической конференции, Минск, 13–14 марта 2013 г. – Минск : Бизнесофсет, 2013. – С. 29–30.

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

УДК 637.513.02

**Сакович Ю. В. Попеня А. А.**

**Научный руководитель: Ляшук Н. У.**

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ УБОЯ И РАЗДЕЛКИ СКОТА ПО ТЕХНОЛОГИИ «ХАЛЯЛЬ»**

**Введение.** В рамках научно-исследовательской работы: «Разработка системы машин для мясожировых производств» (государственная регистрация №20164697 от 29.12.2016г.) разработана технологическая схема линии для убоя и разделки КРС (далее ТЛ) по технологии «Халяль».

«ХАЛЯЛЬ» – это общепринятый мусульманский термин дозволенности, разрешённости. Наиболее часто его используют для обозначения правильно приготовленной и дозволенной мусульманам пищи. Следовательно, продукты, полученные в результате убоя КРС по технологии «халяль» дозволены мусульманам в пищу. На сегодняшний день халяльная мясная продукция востребована не только всё возрастающим мусульманским населением, но и представителями других конфессий как полезная и безопасная пища. На текущий момент на Земле проживает примерно 7,1 млрд. человек, из которых 1,7 млрд мусульман, и численность мусульман растет высокими темпами. К 2020 г. их количество возрастет до 3 млрд, из-за чего появляется потребность в технологических линиях (ТЛ) убоя и разделки скота по технологии «халяль».

**Требования к технологическому оборудованию, инвентарю, таре и работникам, занятым в процессе производства продукции «халяль»**

Технологическое оборудование, инвентарь, тара не должны быть изготовлены или содержать материалы «Харам». Технологическое оборудование, инвентарь и тара не должны использоваться одновременно и для производства продукции «Халяль» и для продукции «Харам». Перед началом работ технологическое оборудование, инвентарь и тара должны пройти санитарную обработку в соответствии с обязательной программой предварительных условий, действующей на предприятии и Санитарная обработка технологического оборудования, инвентаря и тары должна проводиться отдельно от санитарной обработки технологического оборудования, инвентаря и тары, которое контактировало с нехаляльной продукцией. Убой животных и птиц должен осуществлять практикующий мусульманин. Технологическое оборудование и инвентарь должны быть изготовлены из материалов, разрешенных для контакта с пищевыми продуктами, и использоваться только для убоя разрешенных животных. Нож (лезвие) для убоя должен соответствовать следующим требованиям: быть острым; должен быть изготовлен из материала, не содержащего когтей, зубов (клыков), костей и т. п.; длина лезвия ножа для убоя должна быть в два раза больше ширины шеи КРС.

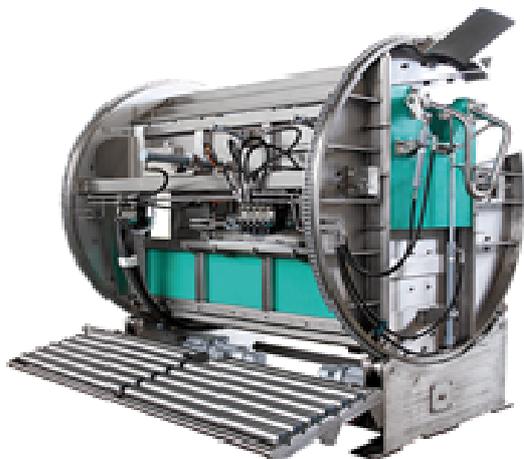
**Основная часть.** В настоящее время отсутствуют сведения о производстве технологических линий и оборудования для производства мясной продукции по технологии «халяль» в странах СНГ. Ряд европейских компаний («BANSS» Германия, «MPS» Голландия, «NAVI» Голландия и другие) производят отдельные машины, например бокс для ритуального убоя. Однако сведений о производстве технологической линии для убоя и разделки скота по технологии «халяль» в целом нет. Это объясняется тем, что производительность всей линии при ритуальном убое очень малая. В европейских странах для такой производительности не изготавливаются линии и входящее в них оборудование. Для производства халяльной продукции изготавливается бокс для ритуального убоя скота и используется остальная часть общей линии, действующая на хладобойнях.

Оборудование, входящее в состав ТЛ убоя и разделки КРС, подразделяется на:

- основное технологическое оборудование – оборудование, которое участвует непосредственно в технологическом процессе;
- инструмент – оборудование, с помощью которого производят технологические операции;
- подвесной путь и элементы подвесного пути;
- конвейера и другие средства для межоперационного транспортирования;
- площадки для бойца;
- санитарно-гигиеническое оборудование;
- нестандартное оборудование.

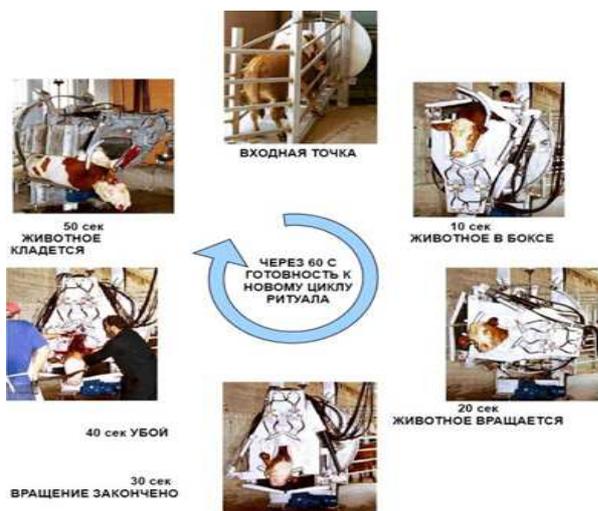
Из машин в ТЛ в сравнении с обычной линией основным отличием является бокс для ритуального убоя КРС и шкуротермическая машина. Специалистами научно-исследовательской и проектно-конструкторской лаборатории «Комплекс» Брестского государственного технического университета (далее НИ и ПКЛ «Комплекс» БрГТУ) разработано техническое предложение на шкуротермическую машину, а в настоящее время разрабатывается техническое предложение на бокс ритуального убоя.

Бокс ритуального убоя КРС (рис. 1) предназначен для полной фиксации животного во время ритуального убоя согласно мусульманскому и еврейскому обрядам. Во время ритуального убоя зафиксированное животное поворачивается вместе с клеткой на 180° вокруг горизонтальной оси, что предоставляет возможность перерезания горла и, таким образом, произвести ритуальный убой животного.



**Рисунок 1 – Общий вид бокса для ритуального убоя КРС**

Бокс обеспечивает фиксацию туловища, головы и шеи, а также натяжение шеи для удобного выполнения ритуального разреза. После тщательного обескровливания боковая дверь открывается и животное соскальзывает на приёмный лоток. Цикл ритуального убоя в боксе представлен на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Цикл ритуального убоя в боксе**

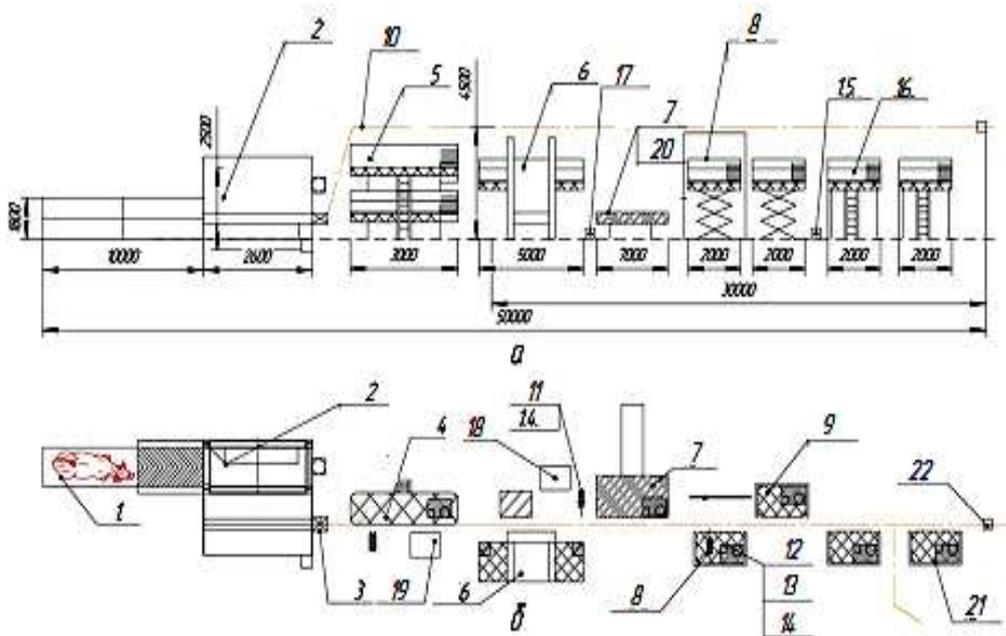


**Рисунок 3 – Шкуроеъемная машина**

Шкуроеёмка, работающая по схеме «сверху-вниз» (рис. 3). Состоит из барабана, закрепленного на траверсе, перемещающейся по направляющим, и двух подъемно-опускных площадок, расположенных слева и справа от шкуроеёмки. Исходное положение вращающегося барабана, к которому прикрепляется начало шкуры, находится вверху туши. Барабан перемещается вниз. На него наматывается снимаемая с туши шкура. С каждого бока туши устанавливаются подъемно-опускные площадки с бойцами, которые подрезают ножами шкуру по мере её сдирания с туши. При этом отсутствует риск попадания грязи со шкуры на оголяемую мясную тушу.

В Республике Беларусь пять предприятий производят халяльную продукцию: слонимский, глубокский, пинский, ляховичский, гомельский мясокомбинаты. Причем, эти мясокомбинаты не полностью соответствуют требованиям халяльной технологии, т. к. на на этих предприятиях убой животных ведется на одной площадке вместе со свиньями, что нарушает требования технологии, а на слонимском МК отсутствует специальный бокс для ритуального убоя.

Специалистами НИ и ПКЛ «Комплекс» БрГТУ разработана технологическая схема линии убоя скота по технологии «халяль», представленная на рисунке 4.



**а) вид главный; б) вид сверху  
Рисунок 4 – Технологическая схема**

### **Спецификация оборудования линии убоя скота по технологии халяль**

1 – Прогон для КРС; 2 – Бокс для ритуального убоя КРС; 3 – Посадочный автомат для (1 т) цепн.; 4 – Устройство перевеса туш с талью (1 т) цепн.; 5 – Площадка неподвижная для перевески и забеловки (2-уровневая); 6 – Шкуротъемка в комплекте с двумя подъемно-опускными площадками; 7 – Площадка подъемно-опускная для нутровки с ковшом (гор. цинк пневм.); 8 – Площадка подвижная для распиловки туш пневматическая, нерж.; 9 – Площадка подвижная для туалета п/туш; 10 – Подвесной полосовой путь с кронштейнами для участка убоя и холодильника; 11 – Пила для грудной клетки; 12 – Ленточная пила деления на полутуши; 13 – Стерилизатор для пилы; 14 – Балансир пружинный, для пил; 15 – Тележка грузовая двухколесная «Рикша» (нерж.); 16 – Площадка лестничная ветеринарной инспекции; 17 – Тележка для перевозки ящиков с с\п и мяса голов; 18 – Вешало для красных органов; 19 – Вешало для голов; 20 – Мойка со стерилизатором режущего инструмента; 21 – Площадка лестничная для классификации и взвешивания; 22 – Весы монорельсовые.

#### **Технические характеристики ТЛ:**

Производительность – до 10 голов/час

Габаритные размеры линии:

длина – не более 50 м;

высота – не более 5 м;

ширина – не более 4,5 м.

Установленная мощность – не более 25 кВт.

Потребление воды – не более 10 л/тушу.

**Заключение.** В результате выполнения данной работы разработано техническое предложение на линию убоя и разделки КРС по технологии «Халяль», а также бокса ритуального убоя. Разработана и подана в Брестский облисполком заявка для включения технологической линии в научно-техническую программу регионального развития Брестской области. Разработка и освоение линии на отечественных машиностроительных предприятиях обеспечит импортозамещение и поставку на экспорт в страны СНГ.

#### **Список цитированных источников**

1. Нормы технологического проектирования предприятий мясной отрасли : ВНТП 540/697.

2. Доклад 29 марта Уполномоченного Совета муфтиев России по контролю над производством и торговлей продуктами «халяль» Азизбаева Ж. Х. 29 марта 2017 г. в учебном центре ВНИИМП им. Горбатова В. М. «О технологических особенностях производства продуктов «халяль» на Российских предприятиях». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.muslim.ru/articles/285/8751/>.

3. Узаков, Я. М. Переработка мяса и производство мясопродуктов по технологии «Халяль» : учебное пособие. – Алматы, 2008. – С. 117.

УДК 004.94 - 621.317.373

**Холодный В. В.**

**Научный руководитель: к. т. н., доцент Ярошевич А. В.**

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВЫБОР ДАТЧИКА РАЗНОСТИ ФАЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ**

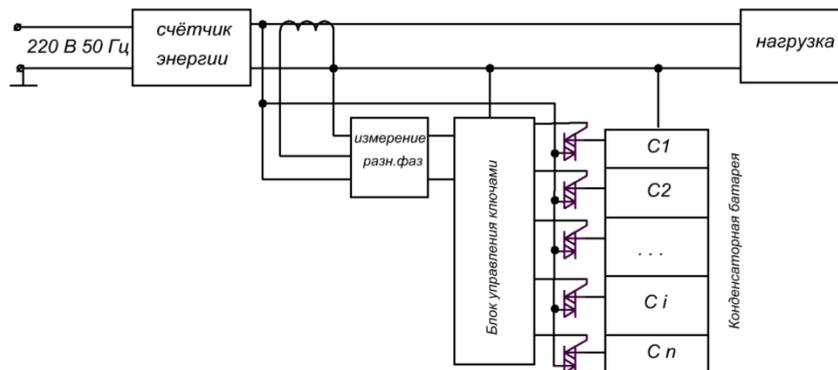
Учитывая значительную долю бытового потребления электроэнергии, составляющую 20% от общего, задача разработки управляемого компенсатора реактивной мощности (КРМ) непромышленных нагрузок является актуальной. Промышленные устройства ступенчатого регулирования реактивной мощности построены с применением микропроцессорного контроллера и являются сложными и дорогими для массового использования в квартирных и других электрических сетях до 0,4 кВ с нагрузками до 50 кВт.

Способ решения этой задачи и некоторые требования к устройствам предложены в [1] путём применения аналоговой схемы вычислителя для КРМ.

При реализации схемы КРМ необходимо решить следующие проблемы:

- измерение величины реактивных потерь в реальном времени;
- определение ёмкости компенсирующего конденсатора;
- коммутация к сети ёмкости из конденсаторной батареи.

Общая схема предлагаемого устройства для КРМ бытового потребителя электрической энергии представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Схема КРМ**

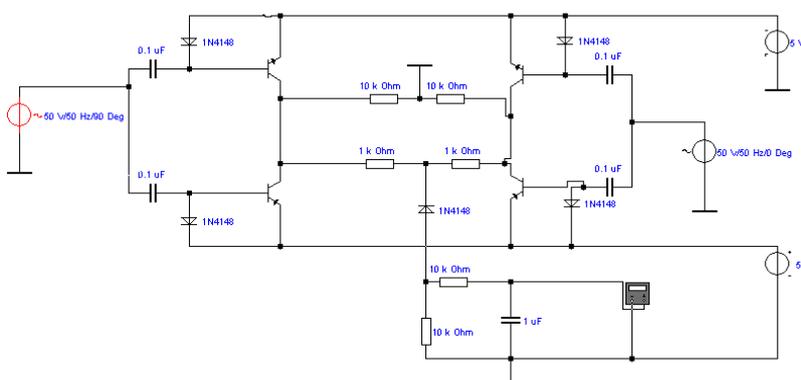
Основными узлами схемы являются:

- схема **измерения разности фаз** сетевого напряжения и потребляемого тока, отражающей долю РМ в нагрузке;
- схема управления тиристорными ключами для коммутации компенсирующей ёмкости;
- линейка тиристорных ключей для коммутации конденсаторов;
- батарея конденсаторов.

Первым этапом вычисления ёмкости компенсирующих конденсаторов является определение разности фаз напряжения и тока потребляемой электроэнергии. Задача измерения разности фаз может быть решена многими способами: методом компенсации фазы, методом преобразования интервала времени в напряжение, цифровым методом подсчета количества импульсов, методом измерения фазы с преобразованием частоты, квадратурным методом измерения фазового сдвига, синхронным детектированием, методом преобразования Фурье с последующим извлечением фазовой составляющей.

Для анализа и выбора схемы фазового детектора были выбраны **4 вида схем:**  
**1 Фазовый детектор на ограничителях.**

Данная схема является наиболее простой схемой детектора. Реализована на транзисторах КТ312 и КТ203, диодах Д220 и КД503. Схема питается от источника постоянного напряжения в 5 вольт.



**Рисунок 2 – Фазовый детектор на ограничителях**

## 2 Фазовый детектор на компараторах с транзисторными ключами.

Схема отличается небольшим числом компонентов. Реализована на операционных усилителях К140УД1, транзисторах КТ315Б, микросхеме К155ЛА3, диодах КД521А. Питание схемы осуществляется источником постоянного напряжения в 5 вольт.

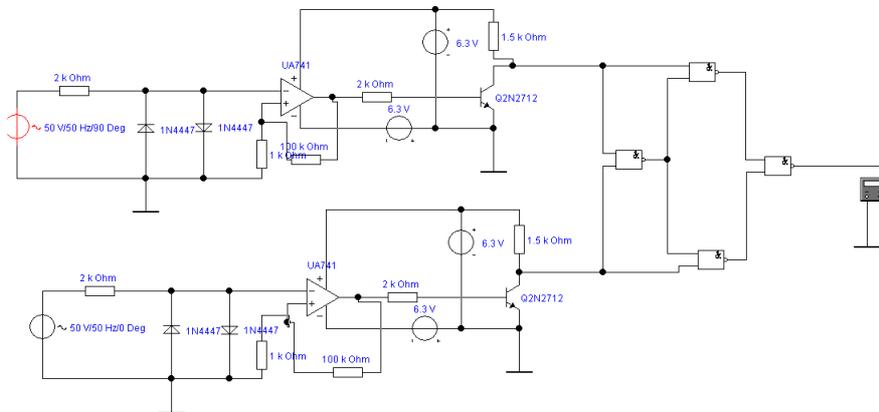


Рисунок 3 – Фазовый детектор на компараторах с транзисторными ключами

## 3 Фазовый детектор на компараторах с D – триггером.

Реализована схема на компараторах К544СА3, микросхемах К155ЛА4 и К155ТМ2, диодах КД202Д. Питание схемы осуществляется от источника постоянного напряжения в 5 вольт.

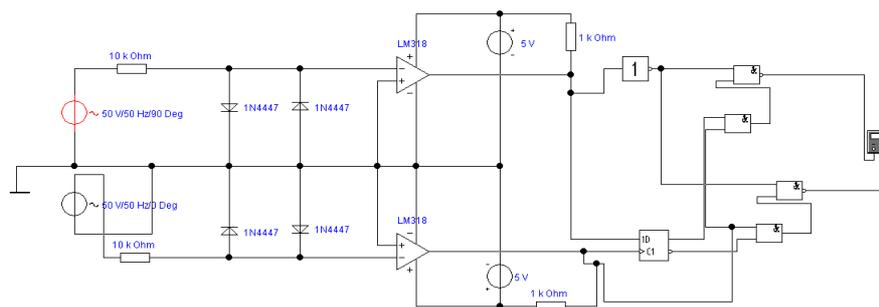


Рисунок 4 – Фазовый детектор на компараторах с D-триггером

## 4 Фазовый детектор на компараторах с логическими элементами.

Схема реализована на двух операционных усилителях TL072, выполняющих роль компараторов, и логической микросхеме 4970, питается от источника постоянного напряжения 12 вольт.

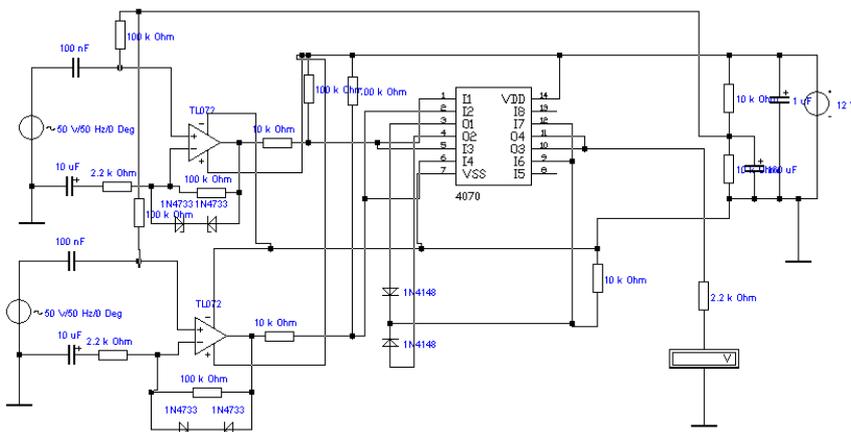


Рисунок 5 – Фазовый детектор на компараторах с логическими элементами

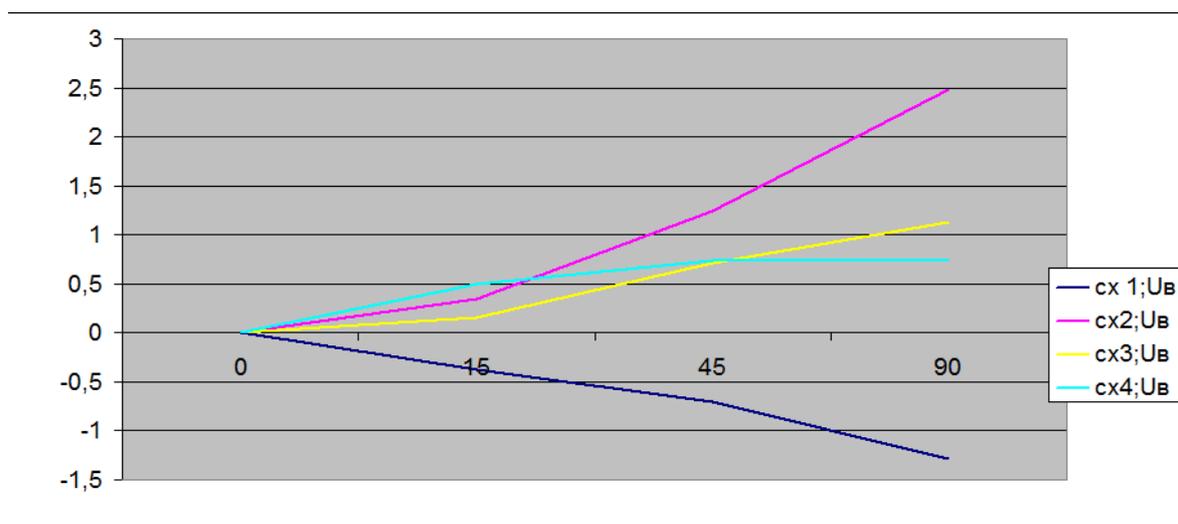
Моделирование как метод анализа является наиболее простым и надёжным при проектировании сложных электронных элементов автоматических систем.

Для проверки работоспособности схем и имитации режима работы использована виртуальная лаборатория EWB 512. Достоинством данного программного пакета является наглядность моделирования различных схем, а недостатком – небольшая по объёму библиотека компонентов, в основном зарубежного производства. В связи с данным недостатком, необходимо провести анализ выбранных схем и провести замену отечественных компонентов на зарубежные, которые есть в библиотеке EWB.

Результаты моделирования представлены в таблице:

	A	B	C	D	E
1					
2	град	сх 1;Uв	сх2;Uв	сх3;Uв	сх4;Uв
3	0	0	0,00	0	0
4	15	-0,37	0,34	0,15	0,5
5	45	-0,7	1,24	0,707	0,74
6	90	-1,28	2,48	1,13	0,75

По полученным данным построен график зависимости напряжения на выходе от разности фаз входных сигналов по результатам моделирования фазовых детекторов



Как следует из графика, наибольшую чувствительность имеет схема 2 – фазовый детектор на компараторах с транзисторными ключами. Более подробный анализ графика показывает, что схема имеет линейную зависимость. Чувствительность схемы (в/град)  $k = \operatorname{tga} = \frac{2,5}{90} = 0,027$ .

Таким образом, данную схему можно рекомендовать для практической реализации, как обладающую наиболее высокими качественными показателями.

#### Список цитированных источников

1. Ярошевич, А. В. Схема компенсации реактивной мощности в квартирных электрических сетях // Вестник Брестского государственного технического университета – №5(71) : Физика, математика, информатика – Брест: БрГТУ, 2011. – С. 66–67.

## РЫЧАЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ С КВАЗИОСТАНОВКАМИ

В машинах легкой промышленности существуют технологические процессы, которые требуют остановок выходного звена (исполнительного органа) определенной продолжительности. Для получения остановки используются различные способы ее обеспечения. Цель данной работы – рассмотреть некоторые способы, а также разработать реальную модель планетарно-рычажного механизма и изучить его основные кинематические характеристики.

Наиболее широко применяются рычажные механизмы в сочетании с зубчатыми. Такой вид механизмов представляет собой зубчатые и рычажные механизмы, причем их соединения могут быть последовательными и параллельными.

В различных станках, машинах и автоматических системах управления, в основном, применяют параллельно соединенные зубчато-рычажные механизмы, которые позволяют получать различные законы движения звеньев, улучшать силовые характеристики всего механизма. В большинстве случаев их используют в качестве направляющих и передаточных механизмов.

В некоторых случаях, когда необходимо передавать большие нагрузки с высокой надежностью и с плавным законом изменения ускорений ведомого звена, в качестве механизмов прерывистого движения также широко применяют рычажные механизмы с низшими кинематическими парами, используя некоторые особенности кривых, описываемых точками звеньев, совершающих плавное движение.

На рисунке 1 приведена схема планетарно-рычажного механизма с длительной квазиостановкой (кажущейся остановкой) выходного звена ползуна 5 в крайнем правом положении [1].

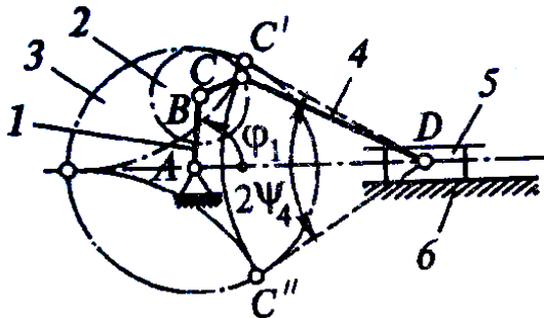


Рисунок 1 – Рычажно-планетарный механизм

Этот эффект достигается тем, что палец С шатуна 4 установлен не на оси В кривошипа 1, как это имеет место в обычном кривошипно-ползунном механизме, а на некотором

расстоянии ВС вдоль радиуса планетарного колеса 2, обкатывающегося по неподвижному колесу 3 с внутренними зубьями, закрепленного жестко на оси А. Числа зубьев колес  $z_2$  и  $z_3$  в планетарном зубчатом механизме подбирают такими, чтобы точка С описывала требуемую траекторию гипоциклоиды. Каждая из ветвей этой гипоциклоиды (например  $C'C''$ ) на некотором расстоянии имеет кривизну, близкую к постоянной. И если длину шатуна CD выбирать равной радиусу кривизны этого участка траектории точки С, то точка D будет почти неподвижной, т. е. ползун 5 будет иметь некоторую квазиостановку.

Аналогичное свойство шатунной кривой используется и в механизме прерывистого действия, схема которого приведена на рисунке 2.

Спаренные кривошипно-ползунные механизмы из звеньев 1, 2, 3, 4, 5 имеют ту особенность, что один из ползунов (звено 5) имеет длительную квазиостановку в крайнем правом положении. В данном случае это достигается тем, что палец D шатуна 4 соединен не с кривошипом 1, а с шатуном 2. Точка D описывает сложную шатунную кривую, но ее можно на некотором участке, например  $DD'$ , упростить дугой постоянной кривизны. Выбирая длину шатуна DE равной радиусу кривизны этой дуги в пределах угла  $2\psi_4$ , тоже получается механизм с квазипрерывистым движением ползуна.

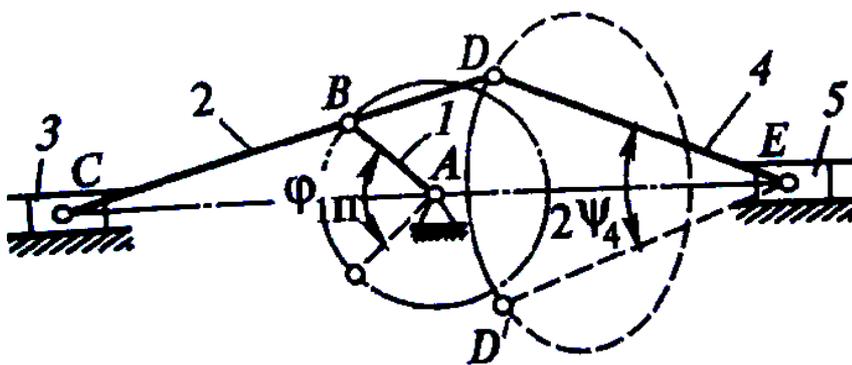


Рисунок 2 – Рычажный механизм

При выполнении данной работы была поставлена задача подробно изучить рычажно-планетарный механизм, показанный на рисунке 1, разработать реальную модель, используя программу Siemens NX, и разобраться с его основными кинематическими характеристиками.

Подробно изучив кинематическую схему механизма, состоящего из планетарного механизма и кривошипно-ползунного механизма, последовательно разработали основные детали, из которых была собрана 3D-модель исследуемого механизма (рисунок 3) и для него построены кинематические характеристики (рисунки 4, 5) [2].

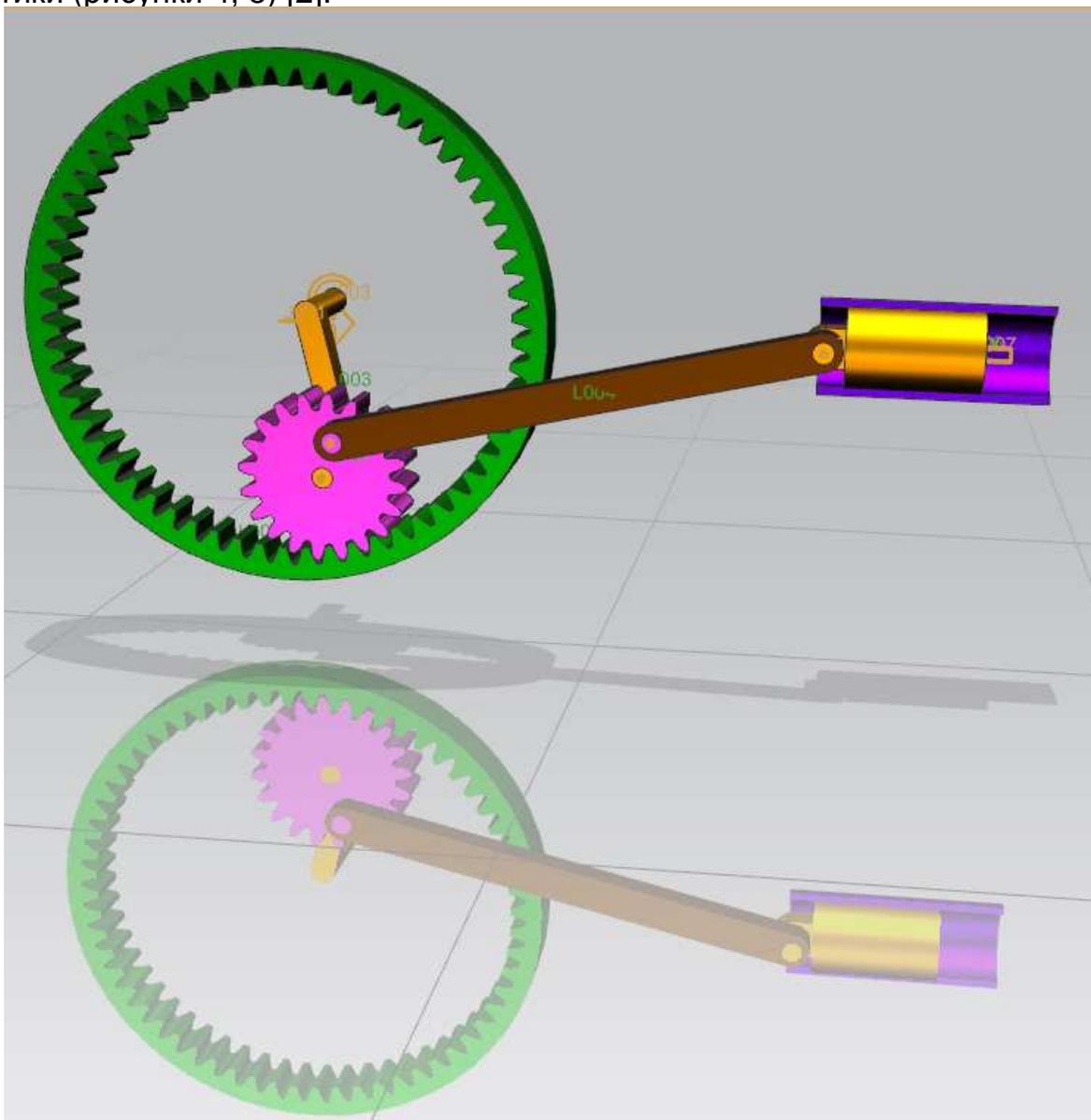
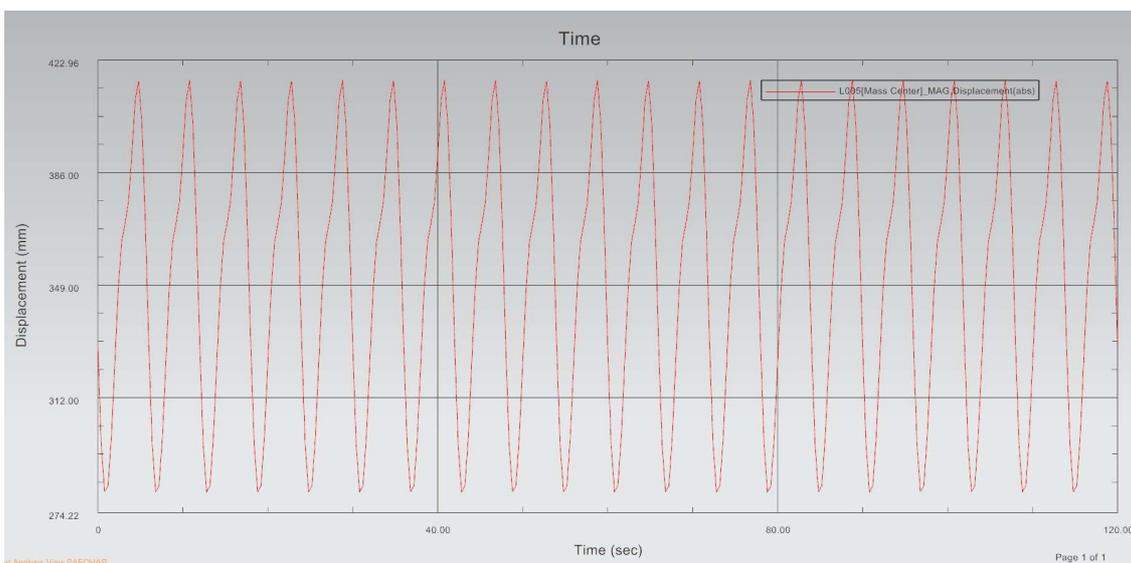
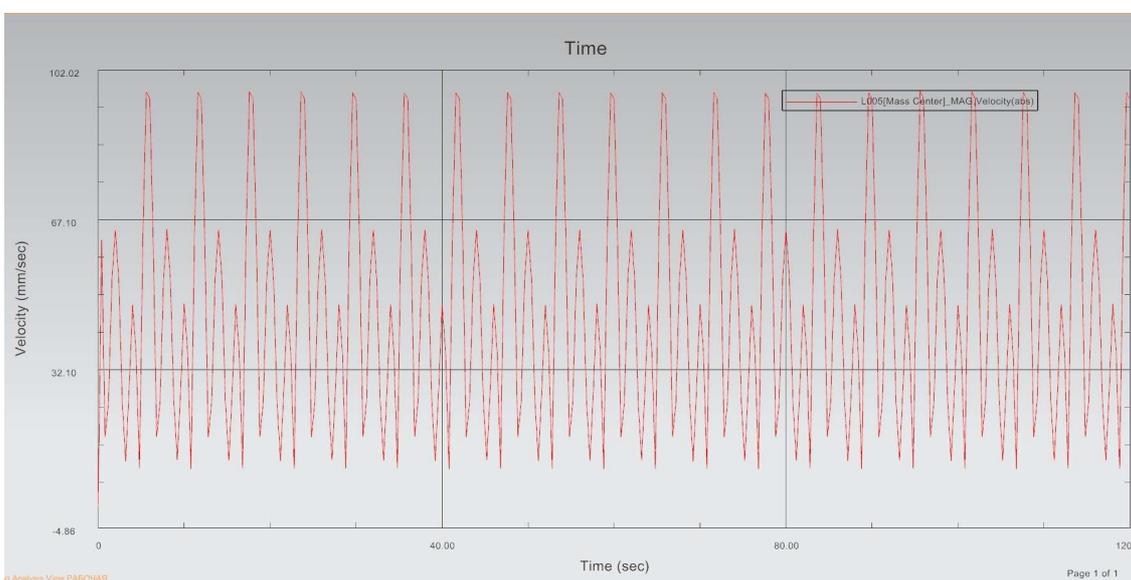


Рисунок 3 – 3D-модель планетарно-рычажного механизма



**Рисунок 4 – График зависимости перемещения от времени для выходного звена**



**Рисунок 5 – График зависимости скорости от времени для выходного звена**

Конструктивным недостатком подобных механизмов с квазиостановками является значительная длина звеньев и, как следствие, увеличение габаритных размеров, а основным достоинством – возможность применения при высоких скоростях и больших нагрузках. Из рисунка 5 особенно хорошо видно изменение скорости выходного звена (ползуна). Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что данные механизмы благодаря квазиостановке (приближенной остановке), при отсутствии строгих требований к точности остановки, возможно и целесообразно применять в машинах текстильной и легкой промышленности, заменяя более дорогостоящие электронные программносители, включающие в себя шаговый привод с микропроцессорным управлением.

#### **Список цитированных источников**

1. Теория механизмов и механика машин: учебник для вузов / К. В. Фролов, С. А. Попов, А. К. Мусатов [и др.]; под ред К. В. Фролова – 5-е изд.– М.: Изд-во МГТУ им. Баумана Н. Э., 2004. – 664 с.
2. Гончаров П. С. NX для конструктора-машиностроителя / П. С. Гончаров [и др.] – М.: ДМК Пресс, 2010. – 504 с.

# **ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ**

## **О ВЛИЯНИИ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ЖЕСТКИХ НАГЕЛЬНЫХ ПЛАСТИНАХ СПОСОБА ИХ УСТАНОВКИ**

В настоящее время при строительстве каркасов животноводческих ферм все чаще используются несущие конструкции из цельной древесины. Применение местного строительного материала позволяло уменьшить стоимость в 1.87 раза и сократить трудоемкость строительства в 2.41 раза по сравнению с объектами, возведенными с применением гнуктоклеенных рам [1].

Анализ конструктивных решений животноводческих зданий рамного типа показывает, что ригели рам выполняют из двух составных по высоте брусьев, соединенных между собой стяжными болтами или жесткими нагельными пластинами.

Анализ литературных источников показал, что работа соединений на нагельных пластинах изучена недостаточно. При определении расчетного сопротивления нагеля изгибу рекомендуется учитывать стесненность развития пластических деформаций при изгибе в зависимости от способа закрепления нагеля путем введения коэффициента  $K_H$ : при плотной посадке  $K_H = 1.1$ ; при закреплении на сварке  $K_H = 1.2$  [2]. По данным [3], относительная сдвиговая прочность соединения на нагельных пластинах увеличивается до 40%. При этом не учитывается способ установки жестких нагельных пластин при соединении двух или трех брусьев по высоте – нагельные пластины могут быть установлены с зазором между деревянными элементами или без них.

Всё это свидетельствует о необходимости уточнения несущей способности соединения деревянных элементов на нагельных пластинах путем проведения экспериментальных исследований.

С целью изучения влияния способа установки нагельных пластин на несущую способность соединений деревянных элементов были изготовлены и испытаны на воздействие кратковременной статической нагрузки при сжатии две серии образцов: серия С-1 – соединения на нагельных пластинах, установленных с зазорами между крайними и средним деревянными элементами (зазоры равны толщине основы нагельной пластины); серия С-2 – соединения на нагельных пластинах, установленных без зазоров между крайними и средним деревянными элементами (зазоры устранены посредством выборки древесины на ширину и толщину пластины в местах их установки).

Нагельные пластины были изготовлены из листовой стали толщиной 6 мм (жесткая основа) и цилиндрических нагелей диаметром 8 мм. В пластине рассверливались отверстия диаметром 8 мм, в которые вставлялись два цилиндрических нагеля. Объединение элементов нагельных пластин выполнено с помощью электродуговой сварки.

Назначение размеров образцов и нагельных пластин производилось с учетом действующих норм по расстановке нагелей [4] и требований [2]. В результате образцы всех серий имели следующие размеры: крайние элементы  $t_1 * b * h = 90 * 70 * 350$  мм, средние элементы  $t_2 * b * h = 180 * 70 * 350$  мм. Образцы были изготовлены из сосны 1<sup>го</sup> сорта. В момент испытания влажность образцов оказалась в пределах 13-17%.

Сборка соединений деревянных элементов выполнялась в 2 этапа: на первом этапе цилиндрические нагели устанавливались в предварительно рассверленные отверстия диаметром 6 мм в деревянных элементах; на втором этапе производилась запрессовка нагельных пластин при помощи

направляющих с использованием испытательной машины П250. Запрессовку осуществляли при скорости вдавливания 10 мм/мин и прекращали при полном внедрении нагелей в древесину.

Деформации взаимного сдвига элементов измеряли индикаторами часового типа ИЧ-10, установленными с противоположных сторон образца. Во избежание возможного при испытаниях перекоса элементов соединения были установлены поперечные соединительные планки в верхней и нижней части образца.

Образцы соединений деревянных элементов устанавливали на плиту основания универсальной испытательной машины «Controls 50-C1400».



Сжимающее усилие от машины к образцу передавалось через распределительную стальную пластину. Образцы испытывались с непрерывно возрастающей нагрузкой со скоростью 70 Н/сек до полного разрушения соединений по методике [5]. На рисунке 1 приведён общий вид испытания нагельных соединений. После разгрузки проводился осмотр и фотографирование разрушенных образцов (рисунок 2).

**Рисунок 1 – Общий вид испытания**

а)



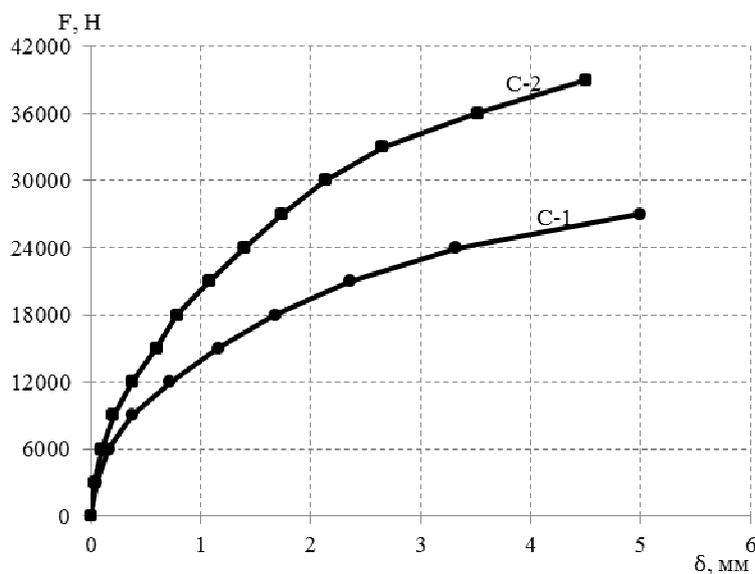
б)



**а) серии С-1; б) серии С-2**

**Рисунок 2 – Характер разрушения образцов**

По результатам испытаний были построены диаграммы зависимости « $F - \delta$ » испытываемых образцов, которые приведены на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Результаты испытаний образцов**

Как видно из графиков, диаграммы деформаций представляют собой кривые с самого начала нагружения с протяженными, почти горизонтальными, конечными участками.

Анализ диаграмм разности полных деформаций показал, что точка перелома, разграничивающая области I и II, соответствует значениям  $F/F_{вз}$ , равным: серия С-1-0.44, серия С-2-0.61.

Установка нагельных пластин без зазора (серия С-2) позволила увеличить несущую способность соединений почти на 50% по сравнению с образцами серии С-1 за счёт включения в работу древесины на смятие вдоль волокон в зонах контакта крайних и среднего деревянных элементов с металлической основой нагельных пластин.

На основании выполненных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Установка жестких нагельных пластин без зазора (серия С-2) позволяет увеличить несущую способность соединения почти на 50% по сравнению с образцами серии С-1.

2. В формулу определения расчетного сопротивления нагеля изгибу необходимо ввести коэффициент, учитывающий способ установки жестких нагельных пластин в сплавляемых элементах.

#### **Список цитированных источников**

1. Пискунов, Ю. В. Несущие деревянные конструкции с соединениями на нагельных пластинах и элементах / Ю. В. Пискунов // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1988. – № 6 – С. 13–17.
2. Рекомендации по проектированию и изготовлению деревянных конструкций с соединениями на пластинах с цилиндрическими нагельными (системы КирПИ – ЦНИИСК) им. В. А. Кучеренко. – М., 1988. – 77 с.
3. Соединения деревянных конструкций. Обзорная информация. Строительные конструкции / С. Б. Турковский [и др.]. – М.: ВНИИИС, 1988. – Вып. 3. – 44 с.
4. Технический кодекс установившейся практики. Деревянные конструкции. Строительные нормы проектирования : ТКП 45–5.05–146–2009(02250). – Введ. 01.01.2010. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2009. – 63 с.
5. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций. – М.: Стройиздат, 1980. – 40 с.

## **ФОРМИРОВАНИЕ ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОСТРАНСТВА МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ С УЧЁТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ**

Общественные пространства – это свободные от транспорта территории общего пользования, в том числе пешеходные зоны, площади, улицы, скверы, бульвары, а также наземные, подземные, надземные части зданий и сооружений, специально предназначенные для использования неограниченным кругом лиц [1]. Современное общественное пространство - это безопасное и комфортное место, которое располагает к прогулкам, работе, занятиям активными видами спорта, к тихому отдыху и продуктивному общению, не создавая барьеров при общении людей всех возрастных групп и т. д. Существует пять основных принципов формирования общественных пространств [2]:

- Безопасность (пешеходные переходы, организация транспортной схемы, высокий уровень освещенности и активность на первых этажах зданий).
- Разнообразие среды (возможность для горожан работать, отдыхать, гулять с детьми и общаться в едином пространстве).
- Комфорт (продуманность для многостороннего использования и удобство для всех категорий жителей).
- Идентичность (бережное отношение к культурному наследию города).
- Экологичность (уровень загрязнения воздуха, зеленые насаждения и др.)

Проблемы экономики и социума остро отражаются на организации пространств, как общественных, так и промышленных, и даже частных. Захламление пространства проявляется не только в неопрятности улиц или обильного количества мусора, но и в организации застройки городов. Происходит деградация архитектуры, где все решает стоимость объекта и затраты труда на его реализацию, безопасность и функциональность постройки для людей имеет не такое важное значение у многих застройщиков.

Вследствие этого мы получаем разделение территорий и зданий на конкретные социальные группы, практически лишая людей благоприятных условий для безбарьерного общения. В развивающихся и развитых странах сами люди решают подобные проблемы, применяя различные экологический принципы. Одним из таких результатов является экологический принцип 3R, который выражается в сокращении, повторном использовании и переработке (Reduce, Reuse, Recycle). Принцип применяется во всех сферах: строительство, переработка мусора, фермерских хозяйствах и даже в психологии. Экологичность общественных пространств включает в себя: озеленение, материалы, создание микроклимата, общее благоустройство территории. Каждый пункт направлен на улучшение и усовершенствование благоустройства для физического и психического здоровья населения, возможность максимально пользоваться всеми благами общественных пространств.

Типичная проблема, которую масштабно освещают, – недостаток зеленых насаждений и в последствии загрязнение воздуха. Однако в данной работе представлены примеры того, как предприятия, в частности мусороперерабатывающие заводы меняют облик общественных пространств.

Например, в Беларуси площадки для мусоросбора загоняют проектировщиков в жесткие рамки, по их организации, так как внешний вид и неприятные запахи беспокоят жителей. К заводам по переработке или сжиганию мусора правила еще строже, но даже нормативы не решают проблемы. Так, территории этих заводов никак нельзя отнести к общественным пространствам, как и близлежащие зоны нельзя назвать самыми благоприятными из-за запахов или дыма.



**Рисунок 1 – Мусороперерабатывающий завод, Брест, Беларусь [4]**



**Рисунок 2 – Мусоросжигательный завод Maishima, Осака, Япония [5]**

Для наглядности сравним заводы по переработке мусора:

1. Брестский мусороперерабатывающий завод. На данный завод ежедневно поступает около 200 тонн ТКО. При этом извлечение вторичных материальных ресурсов составляет 14–15 % (до 2012 г. – 9%), что является одним из лучших показателей в стране [3]. Градостроительно завод расположили на окраине города, тем не менее завод до сих пор беспокоит не только местных жителей, но и гостей страны, приезжающих со стороны Польши. Данную постройку нельзя отнести ни к одному принципу формирования общественных пространств (рис. 1).

2. Мусоросжигательный завод в Осаке, Япония. В Осаке создана система из 9 подобных заводов. Каждый из них является развлекательным или бизнес-центром, со 100% переработкой отходов. В этом случае действуют сразу 4 принципа образования общественных пространств – безопасность, разнообразие среды, комфорт, экологичность. Каждый завод расположен в центре районов. 3/4 завода – очистные сооружения (рис. 2).

3. Пример объединения всех 5 принципов в одном здании в Копенгагене. Завод находится в самом центре столицы и представляет собой многоэтажный комплекс, большую часть которого составляют очистные установки, поэтому вероятность даже увидеть дым или почувствовать его запах очень мала. Процент переработки составляет 75%. Завод также продает энергию городу, получая прибыль. По своей форме строение напоминает гору, на эксплуатируемой кровле завода разместились горнолыжный спуск и лыжная школа (рис. 3).

4. На примере завода в Токио можно видеть, как из мусорной пыли японцы создают новые общественные пространства – насыпные острова. Благодаря мусорной пыли теперь в Токио и других азиатских городах (Осака, Токио, Сингапур) используют этот строительный материал для насыпных островов, а их берега укрепляют булыжниковыми камнями (рис. 4).

Из приведенных выше примеров видно что, белорусская система переработки на данный момент не может обеспечить высокий уровень переработки отходов и является монофункциональной в отличие от западных и восточных стран. Исследуя проблемы при организации общественных пространств вблизи или на территории мусороперерабатывающих предприятий Беларуси, можно выделить факторы, препятствующие развитию «мусорной индустрии» – отсутствие системы сортировки мусора у населения; непригодность заводов; относительно малые штрафы (или их отсутствие) за беспорядочное складирование мусора и так далее.

В наше время начинают работу экспериментальные микрорайоны по мусороудалению, чаще на примере Швеции, с их вакуумным мусороудалением, появляется все больше проектов по усовершенствованию данных проблем. Подводя итог, можно сказать, что Беларусь в теории готова к изменению ситуации с организацией общественных мест на территориях заводов, при соответствующих обоснованиях и инвестициях.

### **Список цитированных источников**

1. О генеральном плане города Москвы (основные направления градостроительного развития города Москвы) : закон г. Москва от 27.04.2005 n 14
2. Проектирование городских улиц / Коллектив авторов Национальной ассоциации руководителей транспортных департаментов (НАСТО). – М: Альпина нон-фикшн, 2015. – С. 13-33.
3. Сайт Брестского мусороперерабатывающего завода [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://bmpz.by/na-brestskom-musoropererabatyvayushhem-zavode-zavershilas-modernizaciya-linii-sortirovki-tverdyx-kommunalnyx-otxodov/> – Дата доступа: 01.05.2019.
4. Портал коммунальной грамотности [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://gkx.by/baza-znanij/mnogokvartirnyj-zhiloj-dom/sdelki-s-nedvizhimostyu/novosti/1366-v-breste-rabotniki-musoropererabatyvayushchego-zavoda-nashli-minu> – Дата доступа: 01.05.2019.
5. Мусороперерабатывающие заводы [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://works.doklad.ru/view/u04Jw7dwT2Q.html> – Дата доступа: 01.05.2019.
6. Ценное приобретение для Копенгагена заводы [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://archi.ru/projects/world/6947/musoropererabatyvayuschii-zavod-tec-amager-bakke-arc> – Дата доступа: 01.05.2019.
7. Переработка мусора: как уменьшить количество свалок [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://habr.com/ru/post/411187/> – Дата доступа: 01.05.2019.
8. Особенности формирования общественных пространств [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: [https://studbooks.net/653461/sotsiologiya/osobennosti\\_formirovaniya\\_obschestvennyh\\_prostranstv](https://studbooks.net/653461/sotsiologiya/osobennosti_formirovaniya_obschestvennyh_prostranstv) – Дата доступа: 01.05.2019.
9. Иовлев, В. И. Экологические основы формирования архитектурного пространства (на примере Урала) : автореферат. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://archi.ru/lib/publication.html?id=1850569841>. – Дата доступа: 01.05.2019.

УДК 625.85

**Буцамов Р. Р., Скуратов В. А.**

**Научный руководитель: ст. преподаватель Чумичева Н. В.**

### **УЛУЧШЕНИЕ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ПОКРЫТИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПОСРЕДСТВОМ УСТРОЙСТВА ШЕРОХОВАТЫХ СЛОЕВ**

При выборе модели прогнозирования срока службы автомобильных дорог отмечается, что одним из основных условий нормального функционирования дорог является обеспечение на протяжении всего срока эксплуатации определенных сцепных качеств дорожного покрытия. Они характеризуются коэффициентом сцепления, величина которого зависит от интенсивности движения автомобилей и срока службы дорог.

Разрабатываемые системы прогнозирования позволяют оценивать параметры полученных моделей и из них выбирать наилучшую. В современных публикациях предлагаются регрессионные модели, связывающие коэффициенты сцепления, интенсивность движения и время. По наилучшей модели получают прогнозные значения срока службы дорожного покрытия для выбранных категорий автомобильных дорог.

В ряде зарубежных стран осуществляется коррекция норм проектирования дорог с целью снижения эффекта аквапланирования. При проектировании свойств шероховатых поверхностей необходимо учитывать способность покрытия к водоотводу и обеспечению устойчивости автомобиля при движении в условиях интенсивных дождевых осадков.

**Методы нормирования и определения параметров шероховатости дорожного покрытия.** Шероховатость поверхности покрытия является качественной характеристикой его состояния и представляет собой отклонение покрытия дорожной одежды от истинно плоской поверхности в пределах диапазона длин волн до 500 мм и амплитуды между пиками до 50 мм. Шероховатость подразделяется на микро-, макро- и мегатекстуру.

Метод “песчаное пятно” основан на определении средней глубины впадин покрытия с помощью песка. Настоящий метод измерений обеспечивает получение значений шероховатости дорожных покрытий с точностью до 5 %.

Метод “профилирования” основан на определении бесконтактным способом, с помощью лазерного сенсора, величины, образованной средней линией продольного профиля дорожного покрытия и средней линией между двумя максимальными пиками базовой линии. Настоящий метод обеспечивает получение результатов измерений с точностью до 5 %.

Метод объемного пятна – определение шероховатости покрытий с помощью стеклянных шариков в дорожных условиях – заключается в измерении средней глубины впадин шероховатости на покрытии автомобильных дорог. При использовании метода вытекания в качестве меры шероховатости используется время вытекания воды (1 дм<sup>3</sup>) между резиновым кольцом, установленным на покрытии, и шероховатой поверхностью. Применяется на относительно гладких покрытиях.

**Методы устройства шероховатых покрытий.** Можно выделить два основных принципа устройства шероховатых поверхностей на покрытиях:

- 1) устройство верхнего слоя покрытий из асфальтобетонов;
- 2) обработка поверхности покрытия.

На асфальтобетонных и других черных покрытиях следует устраивать, как правило, одиночную поверхностную обработку, а на эксплуатируемых цементобетонных покрытиях - двойную.

Поверхностные обработки на эмульсиях прямого типа ЭБА-1 и ЭБА-2 устраивают на дорогах II-IV категорий.

Устройство шероховатой поверхности с применением горячих и теплых асфальтобетонных смесей с повышенным содержанием щебня следует предусматривать на автомобильных дорогах I-III категории.

Метод втапливания щебня в укладываемый верхний слой дорожной одежды следует применять на дорогах I-III категорий.

При новом строительстве цементобетонных покрытий предпочтение следует отдавать обработке их поверхности щетками или устройству верхнего слоя из специально подобранных смесей бетона.

**Особенности выбора материалов для устройства дорожных покрытий с шероховатой поверхностью.** Характеристики материалов выбираются в зависимости от технологий, используемых для устройства дорожных покрытий с шероховатой поверхностью, и регламентируются основными положениями соответствующих технических документов.

Щебень поверхностной обработки воспринимает и передает на нижележащие слои нагрузку от автомобилей, служит слоем износа и обеспечивает сцепление между дорогой и колесами автомобилей.

Форма щебенки должна быть как можно ближе к кубической, чтобы обеспечить устойчивое положение на поверхности покрытия.

Правильно выбранная форма и размер щебенки формируют шероховатость поверхностной обработки, обеспечивают снижение шума в салоне автомобиля при движении.

**Устройство шероховатых поверхностных слоев на покрытиях автомобильных дорог.** Одним из главных способов повышения сопротивления дорожного покрытия скольжению шины, т. е. обеспечения требуемых значе-

ний коэффициента сцепления, является создание шероховатой поверхности. Шероховатости бывают: нешероховатые, шероховатые, среднешероховатые, сильношероховатые и крупношероховатые.

Устройство покрытий из щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси. Щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси находят все более широкое применение в большинстве стран при устройстве верхних слоев дорожных и аэродромных покрытий, обеспечивая устойчивые показатели ровности, шероховатости и сцепления в процессе эксплуатации, в том числе в условиях интенсивного и большегрузного движения транспортных средств. Оригинальная спецификация материала позволяет производить его укладку тонкими слоями и, соответственно, на квадратный метр поверхности потребуется меньшее количество этой высококачественной асфальтобетонной смеси.

Метод алмазной шлифовки дорожного покрытия. Обработка поверхности происходит с помощью специальных алмазных шлифовальных кругов, которые расположены на определенном расстоянии друг от друга на вращающемся шлифовальном валике. Расстояние и ширина алмазных кругов определяют будущую текстуру обрабатываемой поверхности проезжей части.

Устройство поверхностной обработки. При устройстве поверхностной обработки в качестве вяжущих используют в основном битумные эмульсии. Вяжущее обеспечивает гидроизоляцию покрытия, приклеивание каменного материала к покрытию или основанию и соединение щебенки в единый слой.

Устройство шероховатых защитных слоев покрытий с применением эмульсионно-минеральных смесей. Периодическое обновление верхнего слоя убережет асфальт в тяжелых условиях нашего климата и может принести существенную экономию. Таким образом, сроки капитального ремонта можно сдвинуть, причем делать это не один раз. Для этого существует метод поверхностной обработки «Сларри Сил». Особенность его состоит в том, что на поверхность дороги укладывается эмульсионно-минеральная смесь, которая заполняет небольшие трещины и пустоты, обеспечивает высокие фрикционные характеристики, герметичность и обновленный внешний вид поверхности, а также формирует защитный слой износа.

**Рекомендации по инновационным решениям проектирования и устройства дорожных покрытий с шероховатой поверхностью.** Проектирование свойств дорожного покрытия с шероховатой поверхностью рекомендуется производить в несколько этапов.

Этап сбора и анализа исходных данных.

- Эксплуатационная стадия дорожного покрытия.
- Выбор типа существующего или проектируемого покрытия и его характеристика.
- Обследование участка покрытия с определением твердости существующего покрытия.
- Определение характеристик движения.
- Определение характеристик безопасности движения.
- Оценка погодных-климатических условий дифференцированно по участкам дороги.

Этап проектирования поверхностного слоя.

- Обоснование эксплуатационных требований к отдельным участкам покрытия.
- Обоснование и формулировка требований к нижележащему слою (ровность, прочность, шероховатость) и методы удовлетворения этих требований.
- Обоснование конструктивных решений.
- Подбор соответствующих материалов и формулировка требований к ним.
- Обоснование технологических режимов и условий устройства запроектированного поверхностного слоя.

### Этап проектирования методов организации работ, технологии приготовления, доставки и укладки поверхностного слоя.

- Разработка последовательности организации работ.
- Разработка технологических регламентов приготовления смесей и их сертификация.
- Организация контроля доставки смесей, вяжущих и каменных материалов к месту производства работ и состояния транспортно-технологических машин.
- Обеспечение охраны труда и техники безопасности при проведении работ.
- Технология подготовительных работ в зависимости от требований к нижележащему слою.
- Технология основных работ.
- Технология ухода и формирование структуры поверхностного слоя.
- Способы и методы операционного контроля качества.
- Рекомендуемые технологические машины по уходу за покрытием (чистка, мойка), периодичность и особенности выполнения этих работ.
- Рекомендуемые технологии снегоуборки в зависимости от объемов снегоуборки.
- Рекомендуемые технологии борьбы с зимней скользкостью.
- Рекомендуемые технологии по текущему ремонту. Устройство дорожных покрытий с шероховатой поверхностью рекомендуется производить с учетом способа распределения материала, фактической интенсивности движения, необходимости увеличения строительного сезона и результатов технико-экономического анализа и лабораторных испытаний.

### **Список цитированных источников**

1. Автомобильные дороги и мосты. Устройство шероховатых поверхностных слоев на покрытиях автомобильных дорог и мостовых сооружений. Обзорная информация. – Выпуск 3 – 2005.
2. Автомобильные дороги. Нормы проектирования : ТКП 45–3.03–19–2006 – Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь – Минск, 2006 – 42 с.
3. Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства. Технические условия : ГОСТ 3344-83.
4. Диагностика автомобильных дорог: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» / И. И. Леонович, С. В. Богданович. – Минск: БНТУ, 2012. – 226 с.
5. Диагностика автомобильных дорог : учеб. пособие / И. И. Леонович, С. В. Богданович, И. В. Нестерович. – Минск: Новое знание ; М.: ИНФРА-М, 2011. – 350 с.
6. Технические указания по устройству дорожных покрытий с шероховатой поверхностью: ВСН 38-90 / Минавтодор РСФСР. – М: Транспорт, 1990.

УДК 72.012

**Густова А. Ю.**

**Научный руководитель: кандидат архитектуры, доцент Панченко Т. А.**

### **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗУЧЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ**

В рамках данной статьи рассматривается актуальность и востребованность темы общественных пространств для разработки стратегии на примере города Бреста. Проведен анализ исторического опыта и факторов, влияющих на генезис формирования общественных пространств, предложена формулировка терминов и понятий и сделана классификация общественных пространств города Бреста.

Ключевые слова: общественные пространства, общественные территории, площади, улицы, ландшафтно-рекреационные территории.

## **1. Введение**

Общественные пространства являются важным элементом планировочной системы города, так как они служат катализатором развития городской среды, формируют облик города, отражают уровень развития его социальной жизни и культуры. От их качественной организации и наполненности различными социальными практиками зависит образ города в целом.

Данные территории можно считать «третьим местом» среди городских пространств, ведь именно здесь население проводит время между домом и работой. Они одновременно могут служить и территориями для общения, прогулок, наблюдений за окружающим миром, так называемыми зонами отдыха, так и местом для работы, переговоров за стенами привычных бетонных коробок-офисов. Помимо прочего, общественные пространства могут служить и так называемой ареной – местом для зрелищ, где можно показать себя и свои таланты уличным музыкантам, художникам-инсталляторам и прочим активным деятелям культуры. Роль подобного пространства заключается в содействии таким творческим порывам и информационному взаимодействию людей, в содействии в формировании личности и ее развитии, как отдельного человека, так и социума – здорового разнопланового общества [1, с. 61–73].

Однако, несмотря на их важное значение в формировании как социальной, так и архитектурной среды города, принципы и средства создания общественных пространств, методики работы с ними получили мало исследований в теоретическом отношении, и не получили реализации в проектной деятельности. Тем не менее сегодня происходит процесс формирования комплекса мер, направленных на улучшение уровня качества городской среды и возможностей доступа к общественным пространствам.

## **2. Теоретический и терминологический аппарат исследования**

Общего мнения о понятии термина «общественное пространство» не существует, и в каждой стране, каждым архитектором оно трактуется по-своему. Ко всему прочему в нормативной документации Республики Беларусь понятие «общественное пространство» не фигурирует вовсе. Наиболее приближенное к изучаемому нами объекту понятие – это «общественные территории».

Общественные территории подразделяются на территории объектов общественного назначения в зонах жилой и смешанной застройки и общественные центры населенных пунктов. Общественные территории выделяются в том случае, если общественные объекты (административные, деловые, научные, учебные учреждения и предприятия обслуживания, общественные организации, культовые сооружения и другие) занимают не менее 50 % всего фонда на территории структурно-планировочного элемента [2, с. 23–25].

Однако общественные пространства понимают под собой нечто большее нежели то, что подразумевается под понятием общественных территорий в генеральном плане и нормативной документации. К общественным пространствам необходимо относить в принципе все основные места общественной жизни города, к коим можно добавить и упомянутые ранее ландшафтно-рекреационные территории, транспортные и пешеходные связи. К ним также можно отнести территории не выделяемые генпланом как исключительно общественные. Это могут быть участки города, сочетающие в себе большое количество разнообразных функций. Общественные пространства – полифункциональны и включают в себя территории, охватывающие различные функциональные зоны из тех, что выделяет генеральный план города.

На основе подобных рассуждений мы не можем принять понятие общественных территорий, как понятие общественных пространств города Бреста, ибо это гораздо более сложная структура, нежели рассматриваемая в рамках нормативной документации. Для изучения и принятия некоего определения рассматриваемых нами в работе территорий необходимо изучить взгляды на данное понятие с различных ракурсов, разных авторов в рамках практик разных стран.

К ним можно отнести различные высказывания Григория Ревзина Партнера КБ «Стрелка», профессора Высшей школы урбанистики НИУ «ВШЭ», РОССИЯ:

«Общественное пространство – место неопределенной функции. Там соединяется торговля, культовые процессии, праздники, театр, балаган, еда, политические дебаты, образование» [3].

«Общественное пространство – место пребывания, самопроявления и самоорганизации городских сообществ, без сообщества общественное пространство не существует» [3];

Дарьи Парамоновой, архитектора и генерального директора бюро Strelka Architects, РОССИЯ:

«Общественные пространства – это не просто удобные пешеходные зоны и фонтаны, это места, где развивается экономика, поскольку здесь людям хочется и жить, и работать» [4];

Наталии Мاستалерж, аспиранта, Самарский архитектурно-строительный университет, РОССИЯ:

«Общественное пространство – городская территория, на которой происходит формирование и воспроизводство сообщества горожан. Идеальная модель общественного пространства включает три аспекта общественной жизни: социальный, культурный и политический» [5, с. 65].

Также можно рассмотреть и понятие общественного пространства, принятое в нормативной документации, такой как «ЗАКОН г. Москвы от 27.04.2005 N 14», РОССИЯ:

«Общественные пространства – свободные от транспорта территории общего пользования, в том числе пешеходные зоны, площади, улицы, скверы, бульвары, а также наземные, подземные, надземные части зданий и сооружений (галереи, пассажи, атриумы и другие), специально предназначенные для использования неограниченным кругом лиц в целях досуга, проведения массовых мероприятий, организации пешеходных потоков на территориях объектов массового посещения общественного, делового назначения, объектов пассажирского транспорта» [6].

Помимо этого, тему общественных пространств всесторонне освещает «Хабитат III. Исследовательские доклад», США:

«Общественное пространство – включает в себя все места, являющиеся общественной собственностью или места общественного пользования, открытые и доступные к пользованию для всех на бесплатной основе и не предполагающие извлечение прибыли» [7].

На основе всего вышесказанного и с учетом мнений различных мировых практик можно выявить основные элементы и функции открытых общественных пространств. К ним относятся улицы и бульвары, площади и рынки, скверы и парки – все это образует единый общественный каркас города. Помимо этого, стоит уточнить, что к городским общественным пространствам помимо открытых общественных пространств также относятся и части общественных зданий, не исследуемые в данной работе.

Исходя из этого, было проанализировано и выбрано определение, максимально емко и всесторонне рассматривающее открытые общественные пространства города Бреста.

Данное определение предоставляет «Комплект инструментов для решения глобальных проблем общественного пространства, Хабитат»:

«Открытые общественные пространства – это территории общественного пользования, открытые и одинаково доступные жителям и гостям города, которые позволяют: перемещаться с одного места на другое; пользоваться возможностями для организации отдыха и культурных развлечений; посещать другие районы города или другие частные места; делать покупки; встречаться с другими людьми или просто совершать прогулки» [8, с. 15].

### **3. Факторы, влияющие на генезис общественных пространств**

Исходя из исследования и анализа исторических этапов формирования города и предпосылок для возникновения и развития общественных пространств города Бреста, можно выявить ряд факторов, влияющих на генезис данных пространств.

Среди них можно выделить некоторые наиболее значимые и выдающиеся, такие как:

- природно-ландшафтные.

Наиболее явно природно-ландшафтные факторы проявлялись в истоках формирования и города Берестья. Городище Берестье размещалось на мысе, созданном Западным Бугом и его притоком, рекой Мухавец. В те времена, а именно в X–XI века, такая мысовая форма была привычна для городов. Подобная планировка подчинялась рельефу местности и имела форму треугольника с двух сторон созданного берегами рек и с восточной стороны ограниченного оборонительными сооружениями [9, с. 35];

- социальные.

Социальные факторы проявлялись в развитии города и особенностях быта и роста населения. После того как князь берестейский даровал еврейской общине привилегий на право проживания в Берестье и свободу вероисповедания, город расцвел как торговый и ремесленный центр Великого княжества Литовского. В следствие этого, формировалось новое общественное пространство – торговая площадь. С тех пор город развивается в социальном плане как торговый, неся в себе определенную планировочную структуру [9, с. 45–46];

- урбанизационные.

Одним из важных факторов, повлиявших на формирование нынешней структуры общественных пространств, стал урбанизационный.

На протяжении XIX века город развивался как торговый ремесленный центр с хорошо развитыми водными, сухопутными и нововведенными в 1862–1886 годах железнодорожными путями сообщений с центром России, Польшей, Украиной.

Впоследствии развивались новые районы для жизни рабочих, обслуживающих железнодорожный узел. Также после окончания всех военных действий город стал постепенно восстанавливать свой жилищный потенциал, наращивая и формируя вокруг себя структуру микрорайонов со своими малыми общественными центрами;

- политические.

На протяжении всей истории политический фактор играл существенную роль в связи с тем, что на его территории велись войны, а сам он переходил от власти одного государства к другому. Вследствие этого он неоднократно разрушался, сжигался и отстраивался вновь, принося изменения в свою структуру, совершенствуя места сплочения общества, те, что сегодня мы можем считать общественными пространствами;

- стратегические.

Стратегический фактор повлиял на создание фактически нового города, нынешнего исторического центра города. После войны русское правительство решило построить в Брест-Литовске крепость как часть системы укреплений, создаваемых на западе России. Крепость строилась по утвержденному в 1830 г. проекту на территории города. В 1835 г. городская застройка была перенесена на восток (на 2 км) [9, с. 138].

### **4. Классификация общественных пространств**

Взяв за основу понятие общественных пространств, которое предоставляет «Комплекст инструментов для решения глобальных проблем общественного пространства, Хабитат», мы получаем подобное определение:

«Открытые общественные пространства – это территории общественного пользования, открытые и одинаково доступные жителям и гостям города,

которые позволяют: перемещаться с одного места на другое; пользоваться возможностями для организации отдыха и культурных развлечений; посещать другие районы города или другие частные места; делать покупки; встречаться с другими людьми или просто совершать прогулки» [8, с. 15].

На его основе можно выявить некоторые типы городских территорий, которые будут определены как общественные пространства. Среди них числятся:

- улицы;
- ландшафтно-рекреационные территории;
- площади;
- торговля.

Исходя из классификации ландшафтно-рекреационных территорий, предложенной в ТКП-45-3.01-116-2008 «Градостроительство. Населенные-пункты», будем основываться на группе насаждений общего пользования и их подвидов [2, с. 38-44]. Поскольку территории общественного пользования определены, согласно документу «Комплект инструментов для решения глобальных проблем общественного пространства, Хабитат», как открытые и одинаково доступные для горожан и гостей города, посему к ландшафтно-рекреационным территориям относятся:

- парки;
- скверы;
- лесопарки;
- набережные

Основываясь на исторической составляющей и характерных для города видах площадей, можно выделить несколько наиболее значимых если не по своей так называемой функции, то по своему предназначению. Среди них:

- городские;
- накопительные;
- вокзальные;
- религиозные;
- мемориальные площади.

С учетом того факта, что на протяжении всей истории своего формирования основным родом деятельности в городе Бресте являлись ремесло и торговля, резонно будет выделить данную функцию в городской структуре. Тогда при подробном ее рассмотрении ее можно разбить на типы действия открытых торговых пространств:

- сезонная торговля;
- розничная торговля;
- рынки.

## **5. Заключение**

Архитектурно-градостроительная деятельность двух последних десятилетий не только не смогла снять уже стоявшие на повестке дня вопросы, но и в значительной мере обострила и расширила проблему, тем самым усилив интерес к общественным пространствам. Это произошло во многом потому, что тенденция активного роста городов повлекла за собой уплотнение и искажение их пространственной среды, что наиболее зримо проявилось в городских центрах.

Подобная динамика отодвинула на второй план первичные функции городских пространств – служить единицей, обеспечивающей полноценные условия жизни горожан (в физическом и психологическом смысле) и формирующей культурный и художественный облик города. Вместе с тем произошло переосмысление системы взглядов на явление города в социальной сфере, трансформировавшееся впоследствии в социальную неудовлетворенность (как профессиональную, так и потребительскую) качеством городской среды, вызванную осознанием внутренних проблем, и взглядом на положительный опыт возрождения общественных городских пространств в ряде зарубежных городов.

### **Список цитированных источников**

1. Масталерж, Н. А. Формирование концепции общественного пространства как структурного элемента городской среды / Н. А. Масталерж // Архитектон: известия вузов. – 2013. – № 43 (сент.). – С. 61–73.
2. Градостроительство. Населенные пункты. Нормы планировки и застройки : ТКП 45-3.01-116-2008 (02250). – Введ. 01.07.2009. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2008.
3. Ревзин, Г. И. Что такое современное общественное пространство / Г. И. Ревзин // [Электронный ресурс]. – 2017. – С. 14-15. – Режим доступа : [https://monogoroda.info/uploads/knowledge\\_file/content/11/2\\_1\\_Monotowns\\_Presentation\\_Revzin.pdf](https://monogoroda.info/uploads/knowledge_file/content/11/2_1_Monotowns_Presentation_Revzin.pdf) – Дата доступа : 15.05.2019.
4. Общественные пространства нужны, что бы люди ценили места, где живут // Газета.uz [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа : <https://www.gazeta.uz/ru/2018/07/06/public-spaces/> – Дата доступа : 15.05.2019.
5. Масталерж, Н.А. Формирование концепции общественного пространства как структурного элемента городской среды / Н. А. Масталерж // Архитектон: известия вузов. – 2013. – № 43. – С. 65.
6. О внесении изменений в Закон Московской области «О благоустройстве в Московской области» : закон Московской области №127/2018-ОЗ принят постановлением Московской областной Думы от 05.07.2018 : подписан губернатором Московской области 18.07.2018 : принят постановлением Московской областной Думы 18.07.2018. – Москва, 2018.
7. ХАБИТАТ III Исследовательские доклады // 11 – общественное пространство [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : [http://habitat3.org/wp-content/uploads/11-Habitat-III-Issue-Paper-11\\_Public-Space\\_rus-AI\\_fin.pdf](http://habitat3.org/wp-content/uploads/11-Habitat-III-Issue-Paper-11_Public-Space_rus-AI_fin.pdf) – Дата доступа : 15.05.2019.
8. Комплект инструментов для решения глобальных проблем общественного пространства. От глобальных принципов к глобальной практике [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : [http://unhabitat.ru/assets/files/publication/Toolkit\\_Public%20space.pdf](http://unhabitat.ru/assets/files/publication/Toolkit_Public%20space.pdf) – Дата доступа : 15.05.2019.
9. Память: ист.-докум. хроника Бреста : в 2 кн. – Минск : БЕЛТА, 1997. – Кн. 1. – 576 с.

УДК 711.58

***Дьякончук О. С.***

***Научный руководитель: кандидат архитектуры, доцент Панченко Т. А.***

### **СРЕДЫ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ В КОНТЕКСТЕ СЛОЖИВШЕЙСЯ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ**

На сегодняшний день все больше приобретают актуальность вопросы преобразования и реконструкции среды современного города с учетом новейших инженерных и социальных требований, с соблюдением интересов пользователей на уровне не столько количественном, сколько качественном. Особо остро встают проблемы в исторических городах, где сталкиваются вопросы сохранения культурного населения и приобретения новых средовых качеств, соответствующих современному пониманию комфорта [2, с. 4].

В 1990-е – начале 2000-х гг. главным инструментом развития городов были проекты зданий-аттракционов. Основным инструментом развития полагалось привлечение потоков туристов и инвестиций в индустрии развлечений, общественного питания и торговли [1, с. 2].

После кризиса 2008 г. приоритеты сменились. Главным инструментом развития городов полагается обустройство общественных пространств. Оно требует меньших инвестиций, нацелено не на строительство новых объектов, но на перенастройку существующего городского пространства, рассчитано не только и не столько на туристов, сколько на горожан [1, с. 3].

«Общественное пространство» – это свободные от транспорта территории общественного пользования, одинаково доступные для всех жителей и гостей города, в целях досуга, массовых мероприятий, где идет социальное, экономическое, коммуникационное взаимодействие горожан [4, 5].

Где в городе общественное пространство? Ответить на этот вопрос можно – везде. Общественным пространством может быть площадь, улица, переулок, сквер, двор, бульвар, парк, набережная, даже городские крыши. Любое городское пространство, не имеющее правовых ограничений по доступности, может быть общественным [1, с. 4].

Во многих городах Республики Беларусь большинство общественных пространств не отличаются необходимой комфортностью. Ощущается недостаток природных элементов в их окружении. Самым очевидным проявлением этой проблемы является неразвитость ландшафтного формирования территории общественных пространств или совершенно неверное его применение. С активизацией строительства в крупнейших городах вопросы территории решаются в основном в пользу транспорта, в результате – расширяют проезжие части улиц, прижимая тротуары к стенам зданий, исчезает возможность создать газоны или другие буферные зоны между потоком транспорта и застройкой. В связи с ростом количества автомобилей для обустройства притротуарных автостоянок повсеместно уничтожаются газоны. Застраиваются площади скверов, входящих в структуру общественных пространств, вырубаются зеленые насаждения вдоль улиц, при этом посадка новых деревьев зачастую не производится или ей уделяется недостаточное внимание, особенно возле транспортных коридоров, ограничивающих общественные пространства.

Транспорт сам по себе оказывает сильнейшее негативное влияние как на экологическую, так и на архитектурную составляющую среды. Наибольший вред приносят стихийные автостоянки, остановки общественного транспорта и др. Многие общественные пространства отличаются перенасыщенностью и неструктурированностью информационно-рекламных элементов, недостатком информационно-ориентирующих средств, непродуманностью решений оборудования и эксплуатации в различное время года и суток. Почти все общественные пространства отличаются плохой организацией среды для разных возрастных и социальных групп людей; отсутствием удобств для пожилых и инвалидов.

Эстетический комфорт многих общественных пространств снижает хаотичная застройка исторических центров новыми зданиями без внимания к градостроительному контексту. Она значительно ухудшает восприятие среды: с одной стороны, разрушается атмосфера исторического пространства, с другой – не могут адекватно восприниматься новые здания, градостроительно не связанные между собой и соперничающие друг с другом. Именно создание целостного облика центра города, даже многостилевого и многообразного, важно для возникновения определенного чувства гармонии и уюта в человеческой душе, особенно в системе общественных пространств, расположенных в его архитектурной среде.

В настоящее время агрессивное техногенное воздействие городской среды требует поисков ее гуманизации, особенно с использованием общественных или публичных пространств.

Гуманизация – реализация принципа мировоззрения, в основе которого лежит уважение к людям, забота о них, убеждение в их больших возможностях к самосовершенствованию. В общем смысле о гуманизации говорится тогда, когда основное внимание в какой-либо деятельности уделяется человеку и его потребностям. Под процессом гуманизации архитектурной среды, таким образом, понимается ее совершенствование в целях достижения физического, психологического и духовного комфорта для человека в искусственном окружении [3, с. 2].

В структуре города общественные пространства должны представлять собой систему пространств многофункционального назначения, которая должна служить для повышения комфортности жизненной среды города и обогащения его внешнего облика. Система пространств организуется в зависимости от комплекса сложившихся градостроительных и природных условий. На принципы формирования системы опосредованно влияют форма городской структуры (линейная, компактная-радиальная, центрично-кольцевая, сетевая и др.) и все ее элементы: архитектурно-планировочная структура города, система общественных центров города, транспортная система, система обслуживания. Система общественных пространств диктует относительно равномерное размещение их в городской среде, особенно в центре города [3, с. 3].

Принципы гуманизации архитектурной среды общественных пространств должны осуществляться в процессе их реновации или модернизации. Следует учитывать нижеследующие принципы:

1. Безопасность – пешеходные переходы, организация транспортной схемы, высокий уровень освещенности, активность на первых этажах зданий.

2. Разнообразие среды – возможность для горожан работать, отдыхать, гулять с детьми и общаться в едином пространстве.

3. Комфорт – продуманность для многостороннего использования и удобств для всех категорий жителей города.

4. Экологичность – увеличение количества зеленых насаждений. Ландшафтные композиции должны создавать климатические островки и климатические коридоры. Они должны способствовать проветриванию загрязненного городского центра и фильтрации грунтовых вод через специальные покрытия территорий [2, с. 76].

5. Идентичность – бережное отношение к историческому и культурному наследию города.

Реновация общественных пространств в городской среде должна осуществляться на основании разработанной концепции.

Принятая концепция должна учитывать задачи реновации общественных пространств на градостроительном и объектном уровнях.

На градостроительном уровне анализируется характер размещения общественных пространств в структуре города на территории пограничных с ним. На этом этапе рассматривается система существующих (функционирующих) общественных пространств с выявлением их недостатков и определением необходимости создания новых, за счет реконструкции архитектурной среды, отдельных участков центра города.

На локальном уровне выявляются недостатки конкретного общественного пространства, и осуществляется его реновация для повышения комфортности его среды с учетом экологических, функциональных и эстетических требований.

В процессе реновации возникает целый ряд задач:

- создание обособленного единого пространства с определенными функциями;

- эколого-эстетическая гармонизация архитектурной среды с использованием композиционных средств;

- достижение композиционной целостности, стилевого единства и художественной выразительности среды;

- максимальная гуманизация пространства.

Если общественные пространства создаются в исторической среде, то главной задачей является сохранение историко-культурного наследия создания разнообразных видовых точек для восприятия уникальных памятников архитектуры [2, с.108–109].



**Рисунок 1 – Объемно-пространственное решение площади Независимости в Минске, Беларусь**



**Рисунок 2 – Эxpликaция: 1 - фонтан, 2 – памятник Ленину, 3 - фонтан возле дома правительства, 4 – Красный костел**

Общественные пространства являются важными структуроформирующими элементами городской среды, и проанализировав опыт общественных пространств, авторы основными задачами их реализации определили следующие:

- улучшение экологических и санитарно-гигиенических параметров среды за счет использования средств озеленения, водных устройств, элементов геопластики;
- улучшение архитектурно-художественного облика пространств посредством включения дополнительных объектов, отражающих их исторические особенности развития и «дух места», а также за счет средств ландшафтного и светоцветового дизайна;
- дополнение и изменение функционального содержания территории;
- комплексное решение задач транспортного обслуживания и более четкая организация пешеходного движения.

Следует отметить, что грамотное инвестирование в общественные пространства городов весьма перспективно и обосновано для любого города. Это повышает комфорт и безопасность городской среды, привлекает туристов, создает индивидуальность и неповторимый колорит общественных пространств в различных городах в зависимости от природно-климатических, культурных, исторических и сложившихся градостроительных условий.

#### **Список цитированных источников**

1. Григорий Ревзин Что такое современное общественное пространство. – Партнер КБ «Стрелка», профессор Высшей школы урбанистики НИУ «ВШЭ».
2. Вотинин, А. Реновация и гуманизация общественных пространств в городской среде – М.: Харьков ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2015.
3. Вотинин, А. Общественные пространства как объекты гуманизации городской среды. – М.: ХНУГХ, 2013.
4. Режим доступа: [https://studref.com/371300/stroitelstvo/sistema\\_obschestvennyh\\_prostranstv\\_gorodov](https://studref.com/371300/stroitelstvo/sistema_obschestvennyh_prostranstv_gorodov). – Дата доступа: 26.05.2019.
5. Режим доступа: [https://studme.org/170378/stroitelstvo/svoystva\\_funktsii\\_obschestvennyh\\_prostranstv](https://studme.org/170378/stroitelstvo/svoystva_funktsii_obschestvennyh_prostranstv). – Дата доступа: 26.05.2019.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЁТА ПРОФИЛИРОВАННЫХ ЛИСТОВ С ТРАПЕЦИЕВИДНЫМИ ГОФРАМИ ПРОИЗВОЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ**

Целью данной работы является разработка программного обеспечения для проверки предельных состояний, несущей способности и эксплуатационной пригодности стальных листовых профилей с трапециевидными гофрами произвольных размеров, включающего в себя модуль расчёта эффективных характеристик поперечного сечения в соответствии с нормами Еврокода.

Стальной листовой профиль (профлист) относится к тонкостенным конструктивным элементам, которые характеризуются характерными особенностями работы, такими как: возможная потеря местной устойчивости и потеря устойчивости промежуточных элементов жесткости. В ГОСТ 24045-94 для каждого типоразмера и профлиста были приведены значения эффективных характеристик поперечного сечения, учитывающие данные особенности. Однако новая международная редакция ГОСТ 24045-2016 [1] уже не содержит данных по эффективным характеристикам, и их расчёт необходимо выполнять по [2], что является весьма не легкой задачей [3]. Учитывая вышесказанное, автоматизация такого расчёта является весьма актуальной как с научной, так и с практической точки зрения.

Основные положения по расчёту профилированных настилов, а также начальный этап разработки программного обеспечения для решения этой задачи описан в [4].

Данная работа посвящена разработке алгоритма и программы по определению эффективных характеристик в соответствии с Еврокодом [2].

Особенностью работы стальных профилированных листов является то, что из-за высоких сжимающих напряжений происходит потеря как местной устойчивости элементов поперечных сечений, так и устойчивости промежуточных элементов жесткости. В результате потери местной устойчивости картина распределения сжимающих напряжений в элементах поперечного сечения существенно изменяется. С целью упрощения расчётов действительное неоднородное распределение напряжений по всей ширине плоского участка поперечного сечения заменяется на расчётное однородное, но на уменьшенной части поперечного сечения, именуемой эффективной шириной.

Реализация данного расчёта для профилированных листов на первом этапе была выполнена с использованием СКМ MathCAD, а затем на языке программирования C++ в среде разработки Qt Creator.

Рассмотрим поэтапно решение задачи определения эффективных характеристик на примере листа HC-35-1000-0,7, выполненного из стали с  $f_y = 321,61$  МПа, толщиной  $t = 0,65$  мм, высота профиля  $h = 35$  мм.

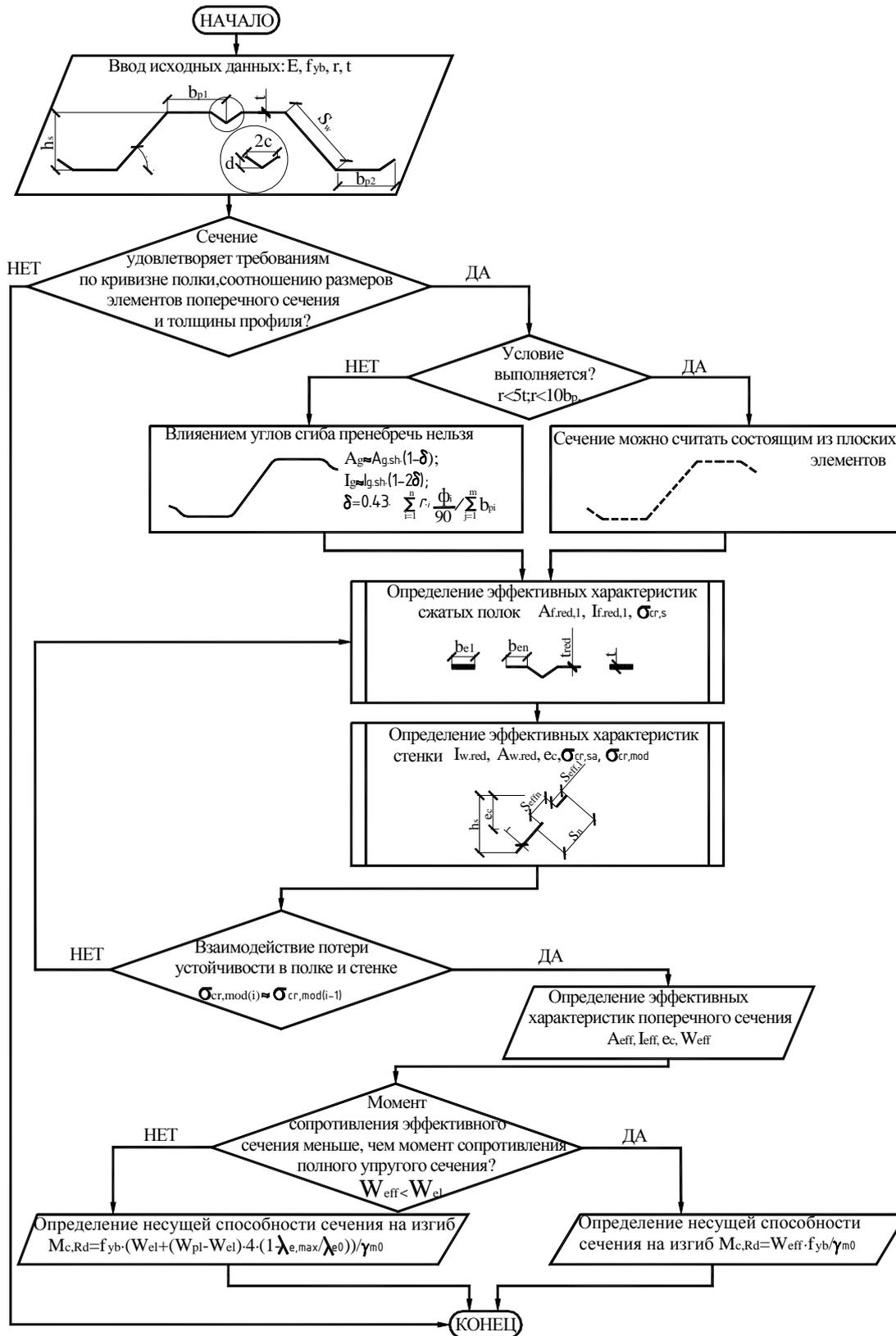
**Этап 1.** Следует сделать проверку на соотношение геометрических пропорций. Для обеспечения необходимой жесткости и исключения преждевременной потери устойчивости самого элемента жесткости размеры элементов жесткости должны быть в следующих пределах:

$$0,2 \leq c/b \leq 0,6;$$

$$0,1 \leq d/b \leq 0,3,$$

если  $c/b < 0,2$  или  $d/b < 0,1$ , то отгиб не учитывается ( $c = 0$  или  $d = 0$ ), при  $c/b > 0,6$  или  $d/b > 0,3$ , то расчёт профиля по данной методике не может быть выполнен.

Если данное условие не выполняется, расчет вести нельзя.



**Рисунок 1 – Алгоритм расчета**

**Этап 2.** Влияние углов сгиба на несущую способность сечения может не учитываться, если внутренний радиус  $r \leq 5t$  и  $r \leq 0,10b_p$ , и поперечное сечение можно считать состоящим из плоских элементов с острыми углами.

**Этап 3.** Определение эффективных характеристик сжатых полок, которое включает в себя:

– определение начального эффективного сечение элемента жесткости с использованием эффективной ширины, определяемой с учетом того, что элемент жесткости обеспечивает полное защемление и  $\sigma_{com,Ed} = f_{yb}/\gamma_{MO}$ ;

– определение коэффициента снижения несущей способности вследствие потери устойчивости формы сечения (плоская форма потери устойчивости промежуточного элемента жесткости), на основе начального эффективного поперечного сечения элемента жесткости и предпосылки о наличии непрерывной упруго-податливой опоры;

– уточнение коэффициента снижения несущей способности вследствие потери устойчивости формы сечения, которое осуществляется итерационным расчетом.

При определении геометрических характеристик эффективного сечения эффективную площадь  $A_{s,red}$  следует определять с учетом уменьшенной толщины  $t_{red} = t_{As,red}/A_s$  для всех элементов, включенных в  $A_s$ .

Геометрические характеристики эффективного сечения при расчете по предельным состояниям следует определять, используя расчетную толщину.

**Этап 4.** Эффективное поперечное сечение стенки должно включать:

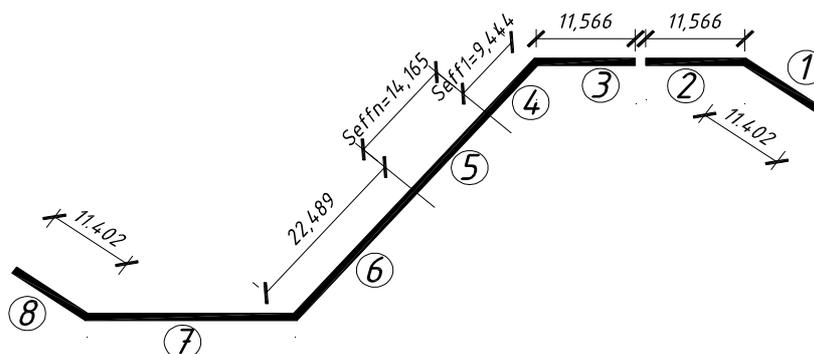
- полосу шириной  $s_{eff,1}$ , примыкающую к сжатой полке;
- уменьшенную эффективную площадь  $A_{s,red}$  каждого из элементов жесткости на стенке, при их количестве не более двух;
- примыкающую к центральной оси эффективного сечения полосу шириной  $s_{eff,n}$ ;
- растянутую часть стенки.

**Этап 5.** В случае наличия элементов жесткости и в полке и в стенке необходимо итерационно уточнить значение  $e_c$  и  $\sigma_{cr,mod}$ .

**Этап 6.** На основе полученных данных об эффективности измерения участков, потерявших местную устойчивость, и редуцированной толщине участков, потерявших устойчивость формы сечения, вычисляются эффективные характеристики поперечного сечения. Расчет удобно выполнять в табличной форме (таблица 1).

**Таблица 1 – Определение эффективных характеристик поперечного сечения**

Эл-т	l	$t_{red}/t$	A/t	z	A·z/t	A·z <sup>2</sup> /t	h	A·h <sup>2</sup> /12
1	11,402	0,889	10,141	3.500	35.489	124.188	7	41.411
2	11,566	0,889	10,287	0	0	0	0	0
3	11,566	1	11,566	0	0	0	0	0
4	9,444	1	9,444	3,585	33,856	121,374	7,170	40,458
5	14,165	1	14,165	12,548	177,742	2230,242	10,755	136,545
6	22,489	1	22,489	26,462	595,104	15747,642	17,075	546,399
7	26,000	1	26,000	35,000	910,000	31850,000	0	0
8	11,402	1	11,402	31,500	359,170	11314,086	7	46.558
			115,494		2111,361	61387,532		811,371



**Рисунок 2 – Эффективное сечение изгиба**

Расстояние от эффективной оси до нейтральной линии сжатой полки:

$$e_{cc} = \frac{2111.361}{115.494} = 18.281 \text{ мм.}$$

Момент инерции полного поперечного эффективного сечения:

$$I_{st} = 61387.532 + 811.371 - 115.494 \cdot 18.281^2 = 23601.219 \text{ мм}^3.$$

Значения основных геометрических характеристик с учетом влияния сгибов и переходом на погонный метр ширины настила углов будут равны:

$$I_g = I_{st} \cdot t \cdot (1 - 2 \cdot \delta) = 23601.219 \cdot 0.65 \cdot (1 - 2 \cdot 0.041) = 14082.84 \text{ мм}^4 = 14,082 \text{ см}^4 / \text{ м.п.};$$

$$A_g = \frac{A}{t} \cdot t \cdot (1 - \delta) = 115.494 \cdot 0.65 \cdot (1 - 0.041) = 71.993 \text{ мм}^2 = 7,199 \text{ см}^2 / \text{ м.п.}$$

Момент сопротивления эффективного поперечного сечения на 1 м.п. ширины настила:

$$W_{effII}^{M.П.} = \frac{I_g}{e_{cc}} = \frac{140828.4}{18.281} = 7703.543 \text{ мм}^3 / \text{ м.п.} = 7.703 \text{ см}^3 / \text{ м.п.}$$

**Этап 7.** Момент сопротивления эффективного сечения меньше, чем, момент сопротивления полного упругого сечения  $W_{eff} < W_{el}$ . Т. к. в примере, который принят в рассмотрении момент сопротивления меньше, чем момент сопротивления полного упругого сечения, то

$$M_{c.RdIII}^{M.П.} = \frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}} = \frac{7.703 \cdot 321.61 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^6} = 2.477 \text{ кН} \cdot \text{ м} / \text{ м.п.}$$

Результат расчёта профлиста НС-35-1000-0,7, выполненного в программе Steel Sheet, показан на рис.3.

The screenshot shows the 'Steel Sheet' software interface. On the left is a navigation menu with options: 'Выбор листа', 'Нагрузки', 'Результаты', and 'Выход'. The main area displays technical diagrams of a steel profile with dimensions  $b_p$ ,  $b_{p1}$ ,  $b_{p2}$ , and  $h$ . Below the diagrams is a table of geometric dimensions:

Геометрические размеры:					
Обозначение	$f, \text{МПа}$	$t, \text{мм}$	$E, 10^5 \text{ МПа}$	$r, \text{мм}$	$h, \text{мм}$
NS35	321.61	0.65	2.1	4	35
$bs1$	$b_p$	$S_c$	$b_{p1}$	$bs2$	
11.401S	26.0000	46.0977	26.0000	11.401S	

Below this is a table of effective characteristics:

Эффективные характеристики						
	при сжат...	верхних	полках	при сжат...	нижних	полках
$A, \text{см}^2$	$I, \text{см}^4$	$W_{eff1}, \text{см}^3$	$W_{eff2}, \text{см}^3$	$I, \text{см}^4$	$W_{eff1}, \text{см}^3$	$W_{eff2}, \text{см}^3$
727.952	143578.425	7891.412	8543.417	143578.425	7891.412	8543.417

At the bottom, there are three buttons: 'Открыть файл', 'Пересчитать', and 'Перейти к расчёту несущей способности'.

**Рисунок 3 – Форма вывода результатов эффективных характеристик**

Применение рассмотренной программы показало удобство работы с ней при выполнении практических расчетов. Программа расчёта эффективных характеристик стального листового профиля достаточно проста в работе, однако наилучшие результаты достигаются при его использовании специалистами, знакомыми с основами проектирования стальных конструкций в соответствии с нормативными документами и существующими методиками.

#### Список цитированных источников

1. Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства. Технические условия : ГОСТ 24045-2016. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200141111>.

2. Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1–3: Supplementary rules for cold-formed members and sheeting: EN 1991-1-3:2006. – Brussels: European Committee for Standardization, October 2006. – 134 p.

3. Жданов, Д. А. К определению эффективных сечений стальных бескаркасных арочных покрытий по Еврокоду / Д. А. Жданов, В. П. Уласевич // Строительная наука и техника. – 2013. – № 2. – С. 22–26.

4. Евчук, Д. И. Расчёт листовых гнутых профилей по ТКП EN 1993-1-3 / Д. И. Евчук // сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов : в. 2ч. – Брест, 2018. – Ч. 1. – С.193–196.

УДК 624.04:681

**Каковко В. И.**

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

## **АЛГОРИТМ И ПРОГРАММА DresCAD ДЛЯ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ МАТРИЧНЫМ МЕТОДОМ ДЕФОРМАЦИЙ В PTS MathCAD**

**Постановка задачи.** При проектировании конструктивных схем зданий и сооружений наметилась тенденция использования стержневых систем из прямолинейных легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) и стальных тонкостенных холоднодеформированных профилей (СТХП), обладающих повышенной деформативностью. Вычисление перемещений и внутренних сил в таких стержневых системах требует применения методов, позволяющих предельно близко приблизить их расчетные модели к реальной их работе. При этом *расчетная модель* должна уметь учитывать геометрическую нелинейность, проявляемую при деформировании. А склонность тонкостенных сечений к потере местной устойчивости требует надежной оценки устойчивости формы равновесия в деформированных состояниях. Кроме того, поскольку стержневые системы сложной стержневой структуры обладают большим числом так называемых лишних связей, важно, чтобы алгоритм расчета при выявлении потери устойчивости отдельными стержнями позволял анализировать проявленную стержневой системой *конструктивную нелинейность* с точки зрения оценки устойчивости *вновь образованной расчетной модели* вплоть до потери устойчивости ее равновесия. Важно также, чтобы расчетная модель учитывала перемещения системы и внутренние усилия в ее стержнях с учетом проявляемой деформированной схемы равновесия под расчетными воздействиями, что даст возможность прогнозировать возможность и вероятность наступления так называемого «прогрессирующего обрушения».

Отсюда вывод: дальнейшее совершенствование моделей эффектов воздействий путем учета повышенной деформативности входящих в нее стержней из ЛСТК или СТХП – задача актуальная как в теоретическом, так и в практическом плане.

**1. О матричном методе деформаций.** Ниже кратко излагаются основные положения алгоритма матричного метода расчета стержневых систем сложной геометрической структуры, построенного на методе деформаций, изложенном в [1]. Его основная отличительная особенность от классического метода перемещений: возможность учета продольных деформаций стержней; возможность учета деформированной геометрии стержней в принятой *основной системе* под расчетными поперечными воздействиями; универ-

сальность представления распределенной по длинам стержней функции поперечной нагрузки в параметрическом виде  $q(x)$ ; матричная форма алгоритма расчета. Основная система метода деформаций образуется, в отличие от метода перемещений, путем наложения на все узлы рассчитываемой модели жестких связей, препятствующих как повороту, так и горизонтальному смещению концов ее стержней.

Для стержневой системы, порядка  $k=m \cdot n$  (где  $m$  – число связей в узлах;  $n$  – число узлов) матричная система уравнений метода деформаций имеет вид

$$[K] \cdot \{\Delta\} = \{P_u\} + \{P_s\} + \{R\}, \quad (1)$$

где  $[K]$  – матрица внешней жесткости свободной системы;  $\{\Delta\}$  – вектор неизвестных перемещений ее узловых точек;  $\{P_u\}$  – вектор внешних нагрузок, действующих в узлах рамы в глобальной системе;  $\{P_s\}$  – вектор реакций начала и конца стержня, от воздействия распределенных по его длине поперечных нагрузок, температурных воздействий, предварительного натяжения с учетом граничных условий закрепления стержней в узлах, приложенных с обратным знаком к узлам системы;  $\{R\}$  – вектор опорных реакций, на которые наложены опорные связи (если в узле нет связей, то соответствующие им величины равны нулю).

Очевидно, что точность метода перемещений определена методикой вычисления составляющих вектора опорных реакций  $\{P_s\}$  на стадии определения напряженно-деформированного состояния стержней рамы в основной системе.

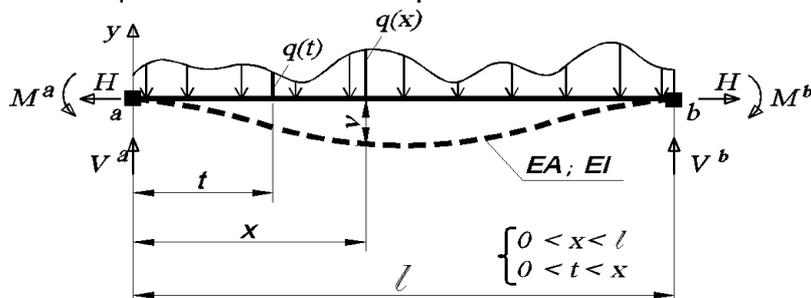
Оценка деформированного состояния каждого гибкого стержня стержневой системы в основной системе метода деформаций (рисунок 1) построена на аналитическом решении дифференциального уравнения [1] вида

$$\frac{dv^4}{dx^4} - \frac{H}{EI} \frac{d^2v}{dx^2} = -\frac{q(x)}{EI}, \quad (2)$$

где  $H, v$  – распор и функция прогибов от воздействия сплошной нагрузки  $q(x)$ ;

$EI$  – изгибная жесткость стержня;

$M^a, M^b$  – изгибающие моменты в опорных связях основной системы.



**Рисунок 1 – Деформированное состояние прямолинейного гибкого стержня**

Решение уравнения (2) в интегральных квадратурах при краевых условиях

$$v|_{x=0} = 0; \quad v|_{x=l} = 0; \quad v''|_{x=0} = \frac{M^a}{EI}; \quad v''|_{x=l} = \frac{M^b}{EI},$$

изложено в [1] относительно прогибов  $v$  и изгибающих моментов  $M_s$ , но содержащее в себе основные неизвестные – распор  $H$  и опорные моменты  $M^a, M^b$

$$v = -\frac{1}{H} \left[ R_b x - \int_0^x (x-t)q(t)dt + M^a - (M^a - M^b) \frac{x}{l} - M_s \right], \quad (3)$$

$$M_s = \frac{r_s}{a_1} sh(a_1 x) - \frac{1}{a_1} \int_0^x sh(a_1(x-t))q(t)dt + \frac{M^a}{sh(a_1 l)} sh(a_1(l-x)) + \frac{M^b}{sh(a_1 l)} sh(a_1 x), \quad (4)$$

где  $a_1 = \sqrt{\frac{H}{EI}}$ ;  $R_b = \frac{1}{l} \int_0^l (x-t)q(t)dt$ ;  $r_s = \frac{1}{sh(a_1 l)} \int_0^l sh(a_1(l-t))q(t)dt$ ;  $Q_s = \frac{dM_s}{dx}$ .

Основное достоинство функции прогибов (3) и изгибающих моментов (4), а также ее производных, состоит в том, что они непрерывны и дифференцируемы. Это позволило в [1] на основании равенства полных линейных и угловых деформаций разработать систему трех разрешающих уравнений в *замкнутом виде* относительно входящих в них неизвестных – распора  $H$  и опорных моментов  $M^a$ ,  $M^b$  в виде

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H \cdot l}{EA} + \left( \frac{H}{EA} - \frac{1}{2} \right) \frac{D(H)}{H^2} + \left[ H \cdot (c_h^a - c_h^b) + \left( \alpha \cdot l \cdot \Delta t - \frac{P_n \cdot l}{EA} \right) \right] = 0; \\ \left( \frac{th(al) - al}{H \cdot l \cdot th(al)} - c_\varphi^a \right) \cdot M^a - \frac{sh(al) - al}{H \cdot l \cdot sh(al)} \cdot M^b = - \frac{dv}{dx} \Big|_{x=0; M^a=0; M^b=0}; \\ \frac{sh(al) - al}{H \cdot l \cdot sh(al)} \cdot M^a - \left( \frac{th(al) - al}{H \cdot l \cdot th(al)} - c_\varphi^b \right) \cdot M^b = - \frac{dv}{dx} \Big|_{x=l; M^a=0; M^b=0}, \end{array} \right. \quad (5)$$

где  $D(q, H) = \int_0^l \left( R_b - \int_0^x q(t)dt - \frac{1}{l} (M^a - M^b) - \frac{dM_s}{dx} \right)^2 dx$ ; (6)

$c_u^a$ ,  $c_u^b$ ,  $c_\varphi^a$ ,  $c_\varphi^b$  – коэффициенты линейной и угловой податливости левой и правой опор стержня соответственно;  $l$  – длина стержня;  $\alpha$  – коэффициент линейного расширения стали;  $\Delta t$  – расчетный перепад температуры.

При известных значениях  $M^a$  и  $M^b$  вертикальные реакции  $V^a$  и  $V^b$  равны

$$V^a = R_b - \frac{1}{l} (M^a - M^b); \quad V^b = \int_0^l q(t)dt - V^a. \quad (7)$$

После расчета всех стержней в основной системе рамы по уравнениям (5) есть возможность с учетом (7) сформировать вектор  $\{P_s'\}$  в локальной системе координат. Тогда векторы  $\{P_s\}$  вычислим в глобальной системе координат так

$$\{P_s\} = [T_\alpha]^T \cdot \{P_s'\}, \quad (8)$$

а связь реакций узлов всей системы  $\{r\}$  (2) с реакциями и перемещениями концов ее элементов  $\{\delta'\}$  может быть определена по формуле

$$\{r\} = [T_\alpha]^T \cdot \{r'\} = [T_\alpha]^T \cdot \{ [K'] \cdot \{\delta'\} \} = [T_\alpha]^T \cdot [K'] \cdot [T_\alpha] \cdot \{\delta\}. \quad (9)$$

Вектор перемещений в глобальной системе координат вычисляем по выражению

$$\{\Delta\} = [K^*]^{-1} \cdot (\{P_u^*\} + \{P_s^*\}). \quad (10)$$

Действительные реакции  $\{r'\}$  по концам каждого стержня рамы в местной системе координат рамы в свободной от связей системе рамы равны

$$\{r'\} = [K'] \cdot [T_\alpha] \cdot \{\Delta\} - \{P_s'\}. \quad (11)$$

Перемещения и внутренние усилия вычисляем по (3) (4), (5), смотри [1].

## 2. О компьютерной программе CsdCAD расчета рам в MathCAD.

Изложенные в п. 1 настоящей статьи основные положения метода деформаций [1] реализованы в разработанном алгоритме и компьютерной программе CsdCAD, средствами программирования PTS MathCAD-15 (опубликована в [2, 3]). Там же приведены отладочные и контрольные примеры, демонстрирующие возможности алгоритма и компьютерной программы.

**3. Оценка устойчивости стержневых систем.** Разработанный В. П. Уласевичем метод деформаций [1] и реализованный нами в компьютерной программе CsdCAD [2, 3], а также опубликованная им работа [4] о расчете стержневых систем на устойчивость качественным методом, позволили поставить задачу о разработке алгоритма расчета стержневых систем на устойчивость по деформированной схеме с учетом геометрической и конструктивной нелинейности.

Полученная при расчете стержневой системы матрица закрепленной системы  $[K^*]$ , входящая в (10), является матрицей мгновенной жесткости  $[K(H)]$  вследствие того, что дополнительные узловые нагрузки при расчете на устойчивость полагаются нулевыми, получается однородной, вида

$$[K(H)] \cdot \{\Delta\} = 0, \quad (12)$$

где  $[K(H)]$  – матрица мгновенной жесткости, элементы которой – реакции  $r_{ik}$  во введенных связях на узлы основной системы, зависящие от продольных сил  $H$  в ее стержнях.

Особенность расчета на устойчивость в необходимости учета дополнительного изгибающего действия продольных сил  $H$ , за счет которого эпюры изгибающих моментов от единичных перемещений получаются криволинейными. Реакции во введенных связях содержат поправочные множители в виде специальных функций от безразмерных параметров  $\nu$ . Для сжатых стержней с  $H \leq 0$  и

$$\nu = l \sqrt{\frac{|H|}{EI}}$$

специальные поправочные коэффициенты к элементам матриц внутренней жесткости сжатых стержней от безразмерных параметров  $\nu$  приведены в [5, с. 229]. Для растянутых стержней смотреть [6, с. 235].

В излагаемом здесь методе *деформаций* при расчете на устойчивость специальные функции к элементам матриц внутренней жесткости, приведенные в [5], пересчитаны на зависимость их от параметра  $a_1 l$  (4), (5)

$$a_1 l = l \sqrt{\frac{|H|}{EI}}. \quad (13)$$

Тогда специальные функции как поправочные коэффициенты к элементам матрицы внутренней жесткости, зависящие от параметра  $a_1 l$  (11) имеют вид:

$$\varphi_1 = \frac{(a_1 l)^2 \operatorname{tg}(a_1 l)}{3(\operatorname{tg}(a_1 l) - a_1 l)}; \quad \varphi_2 = \frac{a_1 l (\operatorname{tg}(a_1 l) - a_1 l)}{8 \operatorname{tg}(a_1 l) \left( \operatorname{tg}\left(\frac{a_1 l}{2}\right) - \frac{a_1 l}{2} \right)}; \quad \varphi_3 = \frac{a_1 l (a_1 l - \sin(a_1 l))}{4 \sin(a_1 l) \left( \operatorname{tg}\left(\frac{a_1 l}{2}\right) - \frac{a_1 l}{2} \right)};$$

$$\phi_4 = \frac{\left(\frac{a_1 l}{2}\right)^2 \operatorname{tg}\left(\frac{a_1 l}{2}\right)}{3 \left( \operatorname{tg}\left(\frac{a_1 l}{2}\right) - \frac{a_1 l}{2} \right)}; \quad \eta_1 = \frac{(a_1 l)^3}{3(\operatorname{tg}(a_1 l) - a_1 l)}; \quad \eta_2 = \frac{\left(\frac{a_1 l}{2}\right)^3}{3 \left( \operatorname{tg}\left(\frac{a_1 l}{2}\right) - \frac{a_1 l}{2} \right)}. \quad (14)$$

Для растянуто-изогнутых стержней в формулах (14) необходимо произвести следующие замены:  $(a_1 l)^2 \rightarrow -(a_1 l)^2$ ;  $\sin(a_1 l) \rightarrow \sinh(a_1 l)$ ;  $\text{tg}(a_1 l) \rightarrow \text{th}(a_1 l)$ .

Для прямолинейного стержня с обоими зашеченными концами (рисунок 1)

$$[K'_s] = \begin{bmatrix} \frac{EA}{l} & 0 & 0 & -\frac{EA}{l} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EJ}{l^3} \eta_2 & -\frac{6EJ}{l^2} \varphi_4 & 0 & -\frac{12EJ}{l^3} \eta_2 & -\frac{6EJ}{l^2} \varphi_4 \\ 0 & -\frac{6EJ}{l^2} \varphi_4 & \frac{4EJ}{l} \varphi_2 & 0 & \frac{6EJ}{l^2} \varphi_4 & \frac{2EJ}{l} \varphi_3 \\ \hline -\frac{EA}{l} & 0 & 0 & \frac{EA}{l} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EJ}{l^3} \eta_2 & \frac{6EJ}{l^2} \varphi_4 & 0 & \frac{12EJ}{l^3} \eta_2 & \frac{6EJ}{l^2} \varphi_4 \\ 0 & -\frac{6EJ}{l^2} \varphi_4 & \frac{2EJ}{l} \varphi_3 & 0 & \frac{6EJ}{l^2} \varphi_4 & \frac{4EJ}{l} \varphi_2 \end{bmatrix}. \quad (15)$$

Для стержня с жестким закреплением левого конца и шарнирным – правого

$$[K'_s] = \begin{bmatrix} \frac{EA}{l} & 0 & 0 & -\frac{EA}{l} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{3EJ}{l^3} \eta_1 & -\frac{3EJ}{l^2} \varphi_1 & 0 & -\frac{3EJ}{l^3} \eta_1 & 0 \\ 0 & -\frac{3EJ}{l^2} \varphi_1 & \frac{3EJ}{l} \varphi_1 & 0 & \frac{3EJ}{l^2} \varphi_1 & 0 \\ \hline -\frac{EA}{l} & 0 & 0 & \frac{EA}{l} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{3EJ}{l^3} \eta_1 & \frac{3EJ}{l^2} \varphi_1 & 0 & \frac{3EJ}{l^3} \eta_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (16)$$

Для стержня с жестким закреплением правого конца и шарнирным – левого

$$[K'_s] = \begin{bmatrix} \frac{EA}{l} & 0 & 0 & -\frac{EA}{l} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{3EJ}{l^3} \eta_1 & 0 & 0 & -\frac{3EJ}{l^3} \eta_1 & -\frac{3EJ}{l^2} \varphi_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline -\frac{EA}{l} & 0 & 0 & \frac{EA}{l} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{3EJ}{l^3} \eta_1 & 0 & 0 & \frac{3EJ}{l^3} \eta_1 & \frac{3EJ}{l^2} \varphi_1 \\ 0 & -\frac{3EJ}{l^2} \varphi_1 & 0 & 0 & \frac{3EJ}{l^2} \varphi_1 & \frac{3EJ}{l} \varphi_1 \end{bmatrix}. \quad (17)$$

Для стержня с шарнирным закреплением обоих концов

$$[K'_s] = \begin{bmatrix} \frac{EA}{l} & 0 & 0 & -\frac{EA}{l} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{H}{l} & 0 & 0 & \frac{H}{l} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline -\frac{EA}{l} & 0 & 0 & \frac{EA}{l} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{H}{l} & 0 & 0 & -\frac{H}{l} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (18)$$

Очевидно, что коэффициенты матриц мгновенной жесткости стержневой системы при расчете на устойчивость зависят от безразмерных функций (12), связанных с параметром  $(a_1 l)$ .

Критическому состоянию деформированного равновесия стержневой системы отвечает ненулевые перемещения  $\{\Delta\}$  (10) ее узлов

$$\{\Delta\} \neq 0,$$

что возможно, если матрица мгновенной жесткости системы **вырождена** и ее определитель, как ее количественная характеристика, равен нулю

$$\text{Def}[K(a_1/l)]=0. \quad (19)$$

Выражение (19) и есть нелинейное (трансцендентное) уравнение критического равновесия относительно параметра  $(a_1/l)$  как основного неизвестного. При оценке устойчивости представляет интерес наименьший из корней  $(a_1/l)$  матричного уравнения (19).

Решение уравнения устойчивости (19) с целью поиска наименьшего параметра  $(a_1/l)$  как основного неизвестного задача математически сложная и трудоемкая. В настоящее время для оценки устойчивости стержневых систем используется **качественный метод исследования** их расчетной модели, суть которого изложена в [5]:

Для оценки устойчивости стержневых систем **качественным методом** [5] нами разработана средствами программирования PTS MathCAD компьютерная программа DresCAD по алгоритму, построенному на расчете стержневых систем по методу деформаций [1] и реализованному в программе CsdCAD, суть которого изложена в пп. 1 и 2 настоящей статьи, а более подробно – в [2] и [3]:

а) выполняется статический расчет стержневой модели при заданном уровне нагрузки и других воздействиях по методу деформаций [1], [2], [3];

б) по известным формулам Эйлера проверяется устойчивость всех стержней расчетной модели с учетом закреплений их в узлах основной системы метода деформаций (ОСМД). Критическая сила для каждого стержня определяются путём приравнивания нулю определителей матриц жёсткостей для каждого из них. Проверка всех стержней на устойчивость выполняется методом сравнения критических сил с продольными силами в стержнях, вычисленных по методу деформаций [1];

в) если устойчивость всех стержней ОСМД обеспечена, то анализируется полученная в результате расчета матрица мгновенной жесткости стержневой системы с учетом вычисленных внутренних сил в ее стержнях **в деформированном состоянии**. Все главные диагональные элементы матрицы мгновенной жесткости **в деформированном состоянии должны** быть положительны. Если в процессе анализа будет выявлено наличие отрицательных или нулевых элементов, делается вывод о неустойчивости деформированной системы в исследуемом состоянии равновесия. В этом случае дальнейший расчет должен быть либо прекращен, либо продолжен во вновь сформированной расчетной модели, учитывающей конструктивную нелинейность;

г) если все главные диагональные элементы матрицы мгновенной жесткости в деформированном состоянии положительны, то выполняется разложение матрицы мгновенной жесткости на множители одним из известных методов. В PTS MathCAD для разложения матриц на множители нами использованы встроенные функции;

д) окончательное заключение об устойчивости стержневой системы должно быть сделано путем исследования элементов, расположенных на главной диагонали матрицы мгновенной жесткости при разложении ее на множители. Если все диагональные элементы положительны и среди них нет близких к нулю, то равновесие стержневой системы при заданном для нее

воздействии *устойчиво*; если разложение матрицы мгновенной жесткости прервано, то равновесия является критическим. Если среди диагональных элементов есть хотя бы один отрицательный, то равновесие стержневой системы при данном уровне воздействия *неустойчиво*.

**4. Устойчивость и расчет по деформированному состоянию.** Предложенный в [5] д. т. н., проф. Е. М. Сидоровичем и развитый в [4] проф. В. П. Уласевичем **качественный метод** оценки устойчивости стержневых систем, позволяет однозначно дать ответ на вопрос «Устойчива или неустойчива принятая для нее расчетная модель при заданном характере и величине воздействия?». И если расчетная модель стержневой системы в этом состоянии равновесия устойчива, то ее матрица мгновенной жесткости положительно определена. А это значит, что система может перейти из устойчивого **исходного состояния** в новое **возмущенное** (рассчитываемое) **деформированное** состояние приложением к ее стержням **дополнительных воздействий**. Тогда матричная система уравнений метода деформаций (1), учитывающая продольные деформации рассчитываемой стержневой системы и перемещения ее узлов  $\{\Delta\}$  (10), имеет вид:

$$[K(a,l,\Delta)] \cdot \{\Delta\} = \{P_u\} + [T_\alpha]^T \cdot \{P'_s\} + \{R\}. \quad (20)$$

Сформированная положительно определенная матрица мгновенной жесткости  $[K(a,l,\{\Delta\})]$  системы уравнений (20) отрывает возможность выполнить **деформационный** расчет **возмущенного состояния** стержневой системы путем организации процедуры последовательных приближений, реализуемой программными средствами MathCAD. Для этого:

– Выполняем расчет **возмущенного равновесного состояния** стержневой системы **методом деформаций** [1] как первое приближение. Анализ полученных результатов дает возможность получить вектор перемещений узлов  $\{\Delta\}$  с учетом продольных деформаций (а в случае загрузки их поперечной нагрузкой) и поперечных деформаций, а также внутренние усилия в стержнях. Вектор перемещений узлов  $\{\Delta_1\}$  дает возможность откорректировать матрицу мгновенной жесткости  $[K(a,l,\{\Delta_1\})]$ .

– Выполняя последующие расчеты матричной системы (20) с анализом результатов расчета и корректировкой матрицы мгновенной жесткости  $[K(a,l,\{\Delta_i\})]$ , необходимой для последующего  $(i+1)$  статического расчета **методом деформаций**, получаем быстро сходящийся итерационный процесс вплоть до достижения заданной точности.

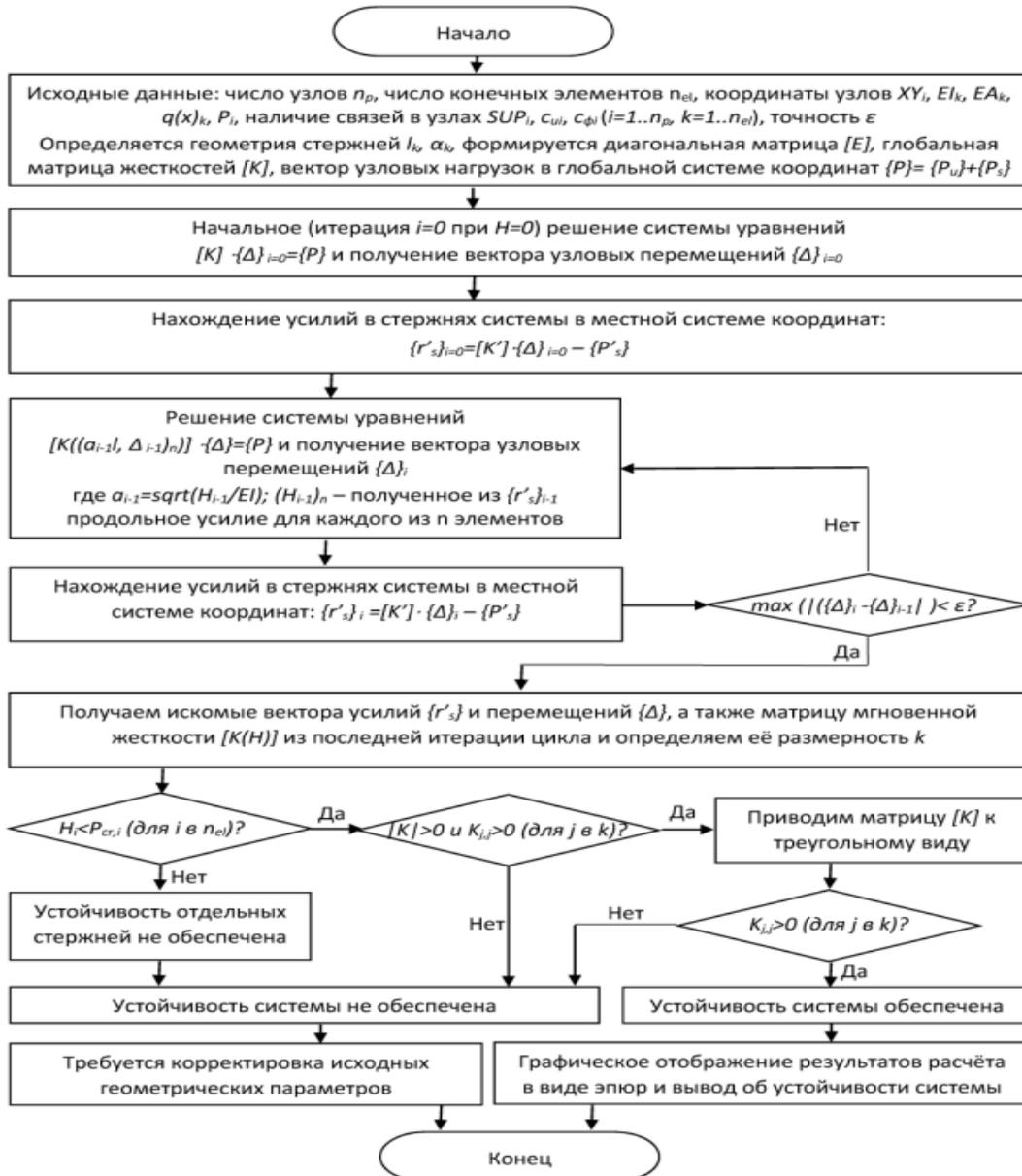
Полученное решение стержневой системы в деформированном возмущенном равновесном состоянии необходимо проверить на устойчивость вышеизложенным **качественным методом**. И если стержневая система устойчива, то вычисленный вектор  $\{\Delta\}$  дает возможность строить эпюры перемещений  $v$ , изгибающих моментов  $M_s$  и сдвигающих сил  $Q_s$  с использованием аналитических выражений (3), (4) и (5) соответственно. Продольные силы  $N$  необходимо вычислять по формуле

$$N = H \cos \varphi + Q_s \sin \varphi, \quad (21)$$

где  $\varphi$  – угол поворота хорды стержня в возмущенном деформированном состоянии равновесия по отношению к исходному состоянию.

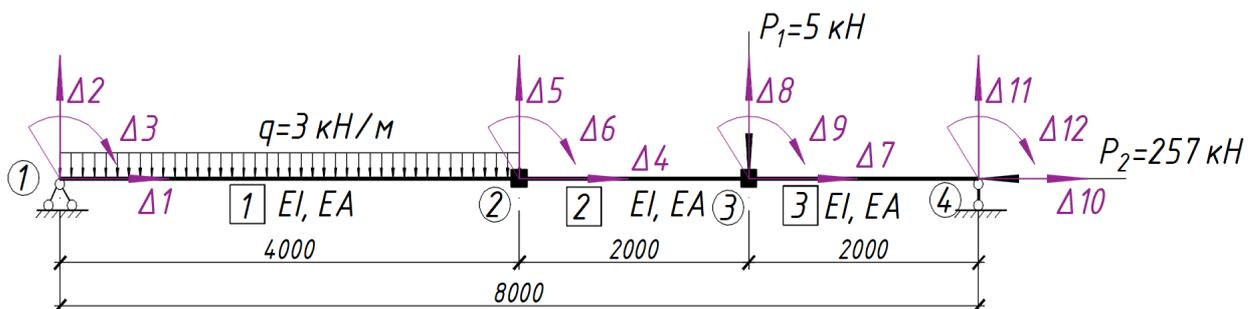
**5. Блок-схема компьютерной программы DresCAD в PTS MathCAD.** Сказанное в п. 2÷4 настоящей статьи позволило разработать алгоритм расчета моделей эффектов воздействий (расчетных схем) стержневых систем зданий и сооружений по деформированному состоянию, оценить их устойчивость и реализовать его в компьютерной программе DresCAD.

На рисунке 4 представлена блок-схема компьютерной программы DresCAD, разработанная на алгоритмическом языке MathCAD [2]

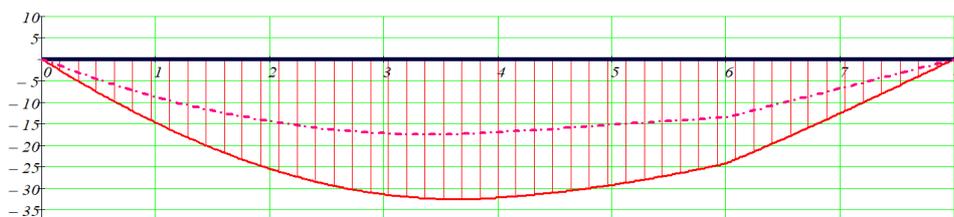


**Рисунок 4 – Блок-схема программы DresCAD для расчета стержневых систем на устойчивость методом деформаций по деформированному состоянию**

По программе DresCAD проанализированы расчетные модели стержневых систем, представленные на рисунках 5 [7], рисунках 7 [8], рисунке 9. Результаты расчета изложены в таблицах 1, 2, 3, 4.



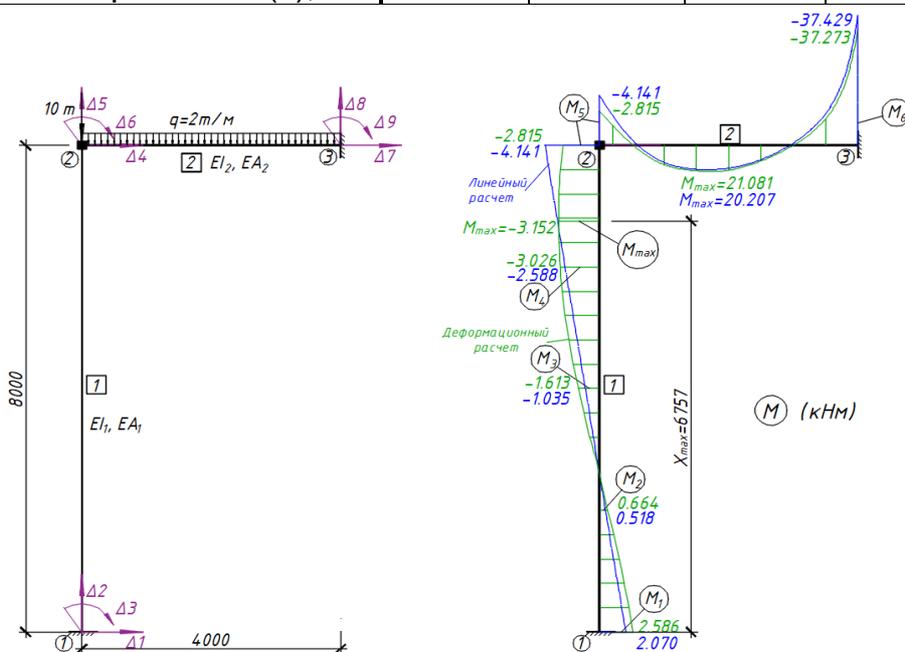
**Рисунок 5 – Расчетная модель сжато-изогнутого стержня [7]**



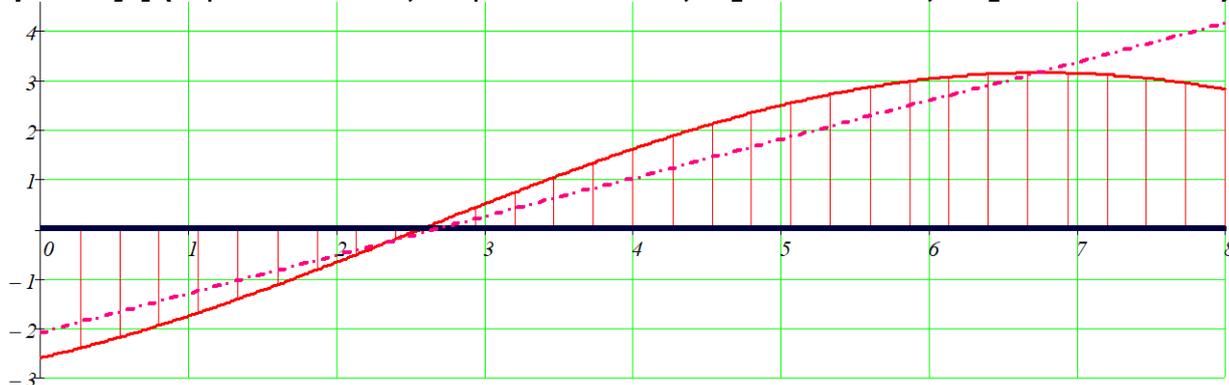
**Рисунок 6 – Эпюра изгибающих моментов в сжато-изогнутом стержне ( $EI= 3638.04$  кНм<sup>2</sup>,  $EA= 921900$  кН) (штрихпунктирная линия – линейный расчёт)**

**Таблица 1 – Оценка расчетов по различным методам сжато-изогнутого стержня [6]**

Анализ расчётов	$M_{T2}$ , кНМ	$M_{T4}$ , кНМ	$M_{T6}$ , кНМ	$\Delta_{T4}$ , см	$\Delta_{T6}$ , см
Деформационный расчёт (КП DresCAD)	25.459	32.171	24.192	5.903	4.16
Точное решение (6)	25.506	32.253	24.240	5.935	4.179
Линейный расчёт (КП DresCAD)	14.500	17.000	13.500	3.207	2.254
Различие деформационного расчёта с точным расчётом (6), %	0.186%	0.254%	0.2%	0.537%	0.451%



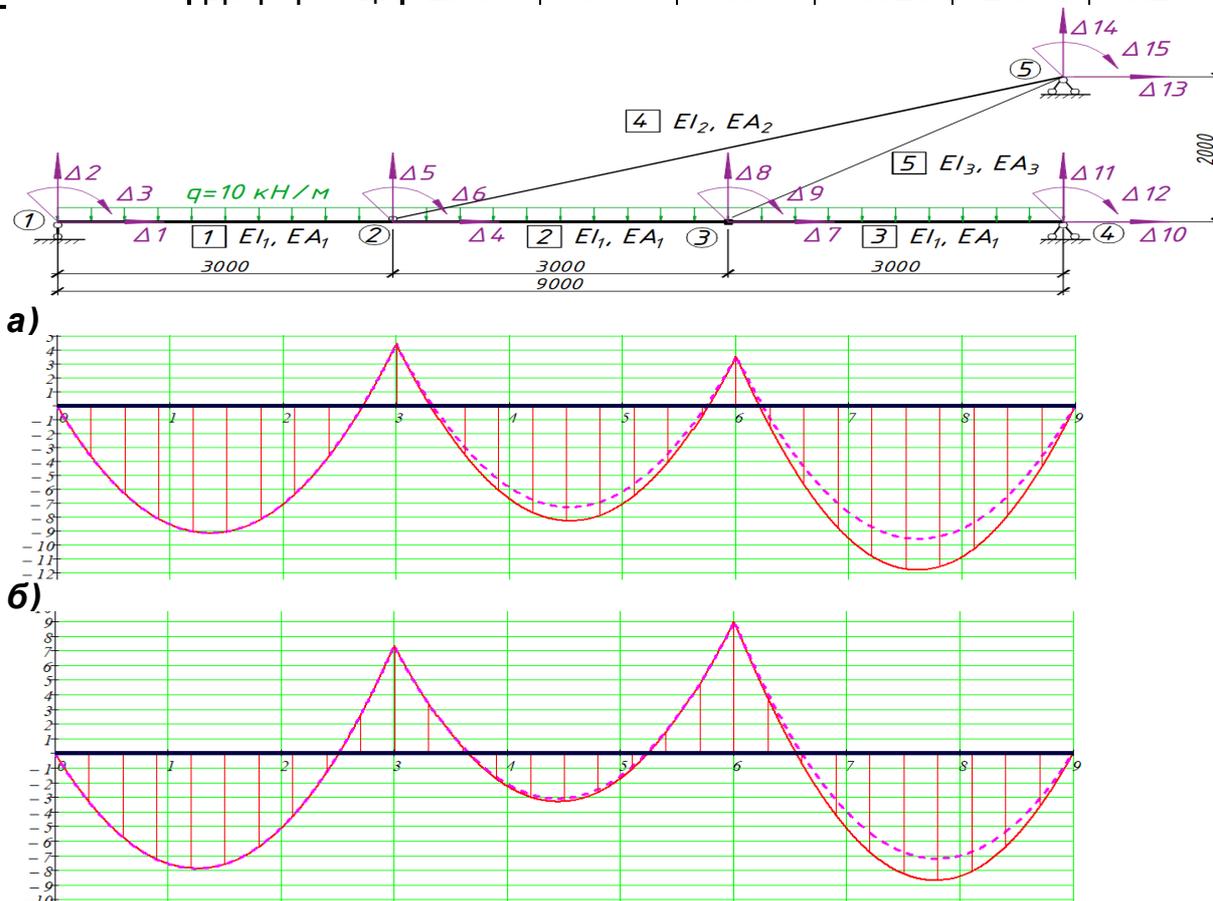
**Рисунок 7 – Расчетная схема и эпюры изгибающих моментов для стержня 1 рамы [8] ( $EI_1= 915.6$  кНм<sup>2</sup>,  $EA_1= 1680000$  кН,  $EI_2= 2373$  кНм<sup>2</sup>,  $EA_2= 21000000$  кН)**



**Рисунок 8 – Эпюра моментов, полученная в программе DresCAD для стержня №1 рамы [7] (штрихпунктирная линия – линейный расчёт)**

**Таблица 2 – Результаты расчетов по различным методам для рамы [8]**

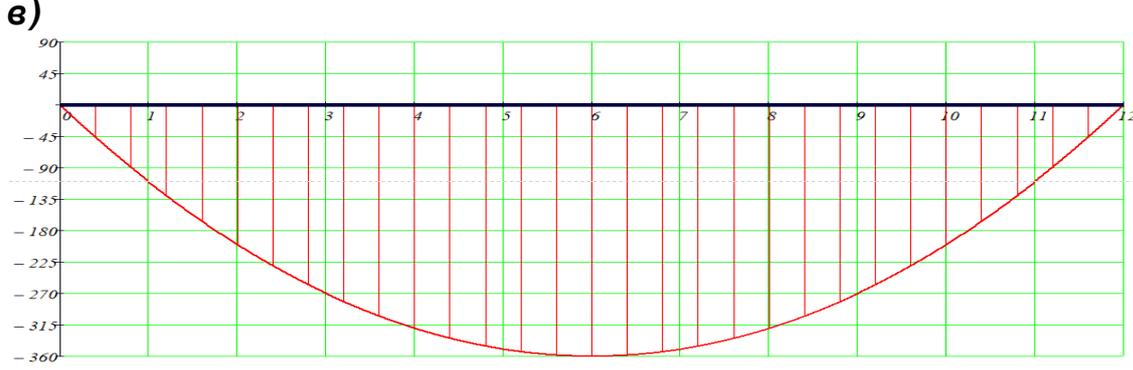
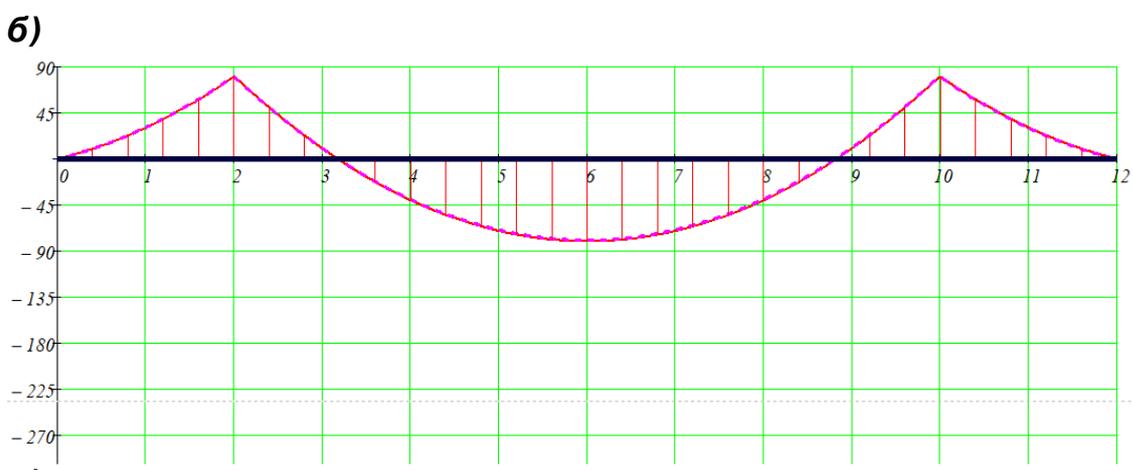
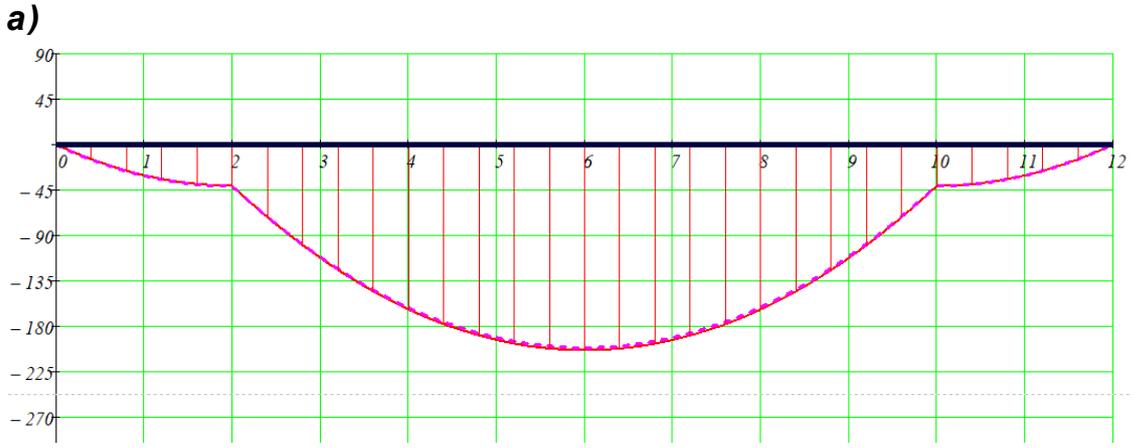
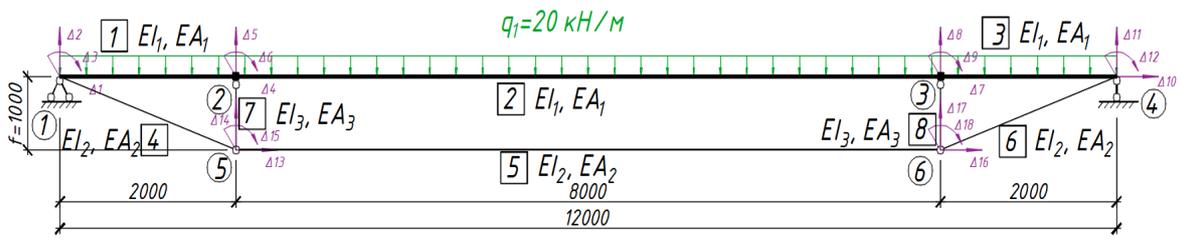
Анализ расчётов		$M_1$ , кНм	$M_2$ , кНм	$M_3$ , кНм	$M_4$ , кНм	$M_5$ , кНм	$M_6$ , кНм
Г.К. Клейн и др.	Линейный	2.150				-4.320	-37.900
	Деформац.	2.800				-2.900	-38.600
Программа DresCAD	Линейный	2.070	0.518	-1.035	-2.588	-4.141	-37.429
	Деформац.	2.586	0.664	-1.613	-3.026	-2.815	-38.273



**Рисунок 9 – Расчетная схема комбинированной балочно-вантовой системы**  
 $EI_1=674.61 \text{ кНм}^2$ ,  $EA_1=453.2 \text{ МН}$ ;  $EI_2=0.522 \text{ кНм}^2$ ,  $EA_2=37.11 \text{ МН}$ ;  $EI_3=0.087 \text{ кНм}^2$ ,  
 $EA_3=6.185 \text{ МН}$ . Эпюры изгибающих моментов в балке: а) без преднапряжения;  
 б) с предварительным напряжением в ванте 4  $P_n = 90 \text{ кН}$  и в ванте 5  $P_n = 55 \text{ кН}$ .

**Таблица 3 – Анализ расчета комбинированной балочно-вантовой системы (рисунок 9)**

Анализ результатов расчётов	Момент в пролёте 1, кНм	$M_{T2}$ , кНм	Момент в пролёте 2, кНм	$M_{T3}$ , кНм	Момент в пролёте 3, кНм
Без преднапряжения					
Деформационный расчёт в ПК DresCAD	9.145	-4.428	8.27	-3.531	11.797
Линейный расчёт в ПК DresCAD	9.139	-4.428	7.27	-3.531	9.546
Различие деформационного с линейным расчетом, %	0.065%	0.00%	13.74%	0.00%	23.59%
С преднапряжением					
Деформационный расчёт в ПК DresCAD	7.881	-7.334	3.326	-8.987	8.695
Линейный расчёт в ПК DresCAD	7.876	7.334	3.103	-8.987	7.197
Различие деформационного расчета с линейным расчетом, %	0.06%	0.00%	7.17%	0.00%	20.81%



**Рисунок 10 – Расчетная схема шпренгельной системы и эпюры изгибающих моментов:**

$EI_1 = 81837.62 \text{ кНм}^2$ ,  $EA_1 = 2060 \text{ МН}$ ;  $EI_2 = 4.6 \text{ кНм}^2$ ,  $EA_2 = 152.053 \text{ МН}$ ;  
 $EI_3 = 95.1 \text{ кНм}^2$ ,  $EA_3 = 252.371 \text{ МН}$ ;

а) без преднапряжения; б) с предварительным напряжением  $P_n = 303 \text{ кН}$ ;  
 в) при потере стойками устойчивости от предварительного напряжения  $P_n = 2000 \text{ кН}$  и  $f = 1.5 \text{ м}$

— Нелинейный расчёт  
 - - - - - Линейный расчёт

**Таблица 4 – Анализ расчета шпренгельной системы (рисунок 10)**

Анализ расчётов	$M_{T2}$ , кНм	Момент в пролёте, кНм	$M_{T3}$ , кНм
Без преднапряжения			
Деформационный расчёт в ПК DresCAD	41.202	203.948	41.202
Линейный расчёт в ПК DresCAD	41.202	201.194	41.202
Различие деформационного расчета с линейным расчетом, %	0.00%	1.37%	0.00%
С преднапряжением $P_n = 303$ кН			
Деформационный расчёт в ПК DresCAD	-80.702	80.774	-80.702
Линейный расчёт в ПК DresCAD	-80.702	79.295	-80.702
Различие деформационного расчета с линейным расчетом, %	0.00%	1.87%	0.00%
При потере стойками устойчивости при $P_n = 2000$ кН и $f=1.5$ м			
Деформационный расчёт в ПК DresCAD	200.000	360.002	200.000

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** В статье изложен алгоритм расчета стержневых систем на устойчивость по деформированному состоянию с учетом геометрической и конструктивной нелинейности и разработанная на его основе компьютерная программа DresCAD. Результаты расчетов контрольных примеров и выполненный сравнительный их анализ подтверждают высокую точность алгоритма и уникальные вычислительные возможности программы DresCAD.

#### Список цитированных источников

1. Уласевич, В. П. Статический расчет гибких стержневых систем сложной геометрической структуры методом деформаций / В. П. Уласевич // Вестник БрГТУ. – 2018. – № 1(109): Строительство и архитектура. – С. 73–77.
2. Каковко, В. И. Расчет рам методом перемещений средствами программирования PTS MathCAD, построенный на деформационной модели гибкого стержня / В.И. Каковко, научн. рук. проф. БрГТУ В. П. Уласевич // Сб. конкурсных научных работ студентов и магистрантов. – Ч. 1. – Брест: Изд-во БрГТУ, 2018. – С. 196–201.
3. Уласевич, В. П. Расчет стержневых систем уточненным методом перемещений и его реализация в среде PTS MathCAD / В. П. Уласевич, В. И. Каковко // Перспективные направления инновационного развития строительства и подготовки инженерных кадров : сб. научных статей XXI Международного научно-методического семинара 25–26 октября 2018 г. – Ч. I. – Брест: Изд-во БрГТУ, 2018. – С. 254–261.
4. Уласевич, В. П. Устойчивость и деформационный расчет стержневых систем матричным методом деформаций / В. П. Уласевич // Вестник БрГТУ. – 2019. – № 1 (114) : Строительство и архитектура. – С. 68–72.
5. Сидорович, Е. М. Динамика и устойчивость сооружений. Численные методы решения задач: учебное пособие / Е. М. Сидорович. – Минск: БНТУ, 2006. – 246 с.
6. Борисевич, А. А. Строительная механика / А. А. Борисевич, Е. М. Сидорович, В. И. Игнатюк – Минск: БНТУ, 2007. – 821 с.
7. Безухов, Н. И. Устойчивость и динамика сооружений в примерах и задачах / Н. И. Безухов, О. В. Лужин, Н. В. Колкунов. – М.: Стройиздат, 1969. – 424 с.
8. Клейн, Г. К. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики (основы теории устойчивости, динамики сооружений и расчета пространственных систем) / Г. К. Клейн, В. Г. Рекач, Г. И. Розенблат. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1972. – 296 с.

## АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДА БРЕСТА

### 1. ВВЕДЕНИЕ

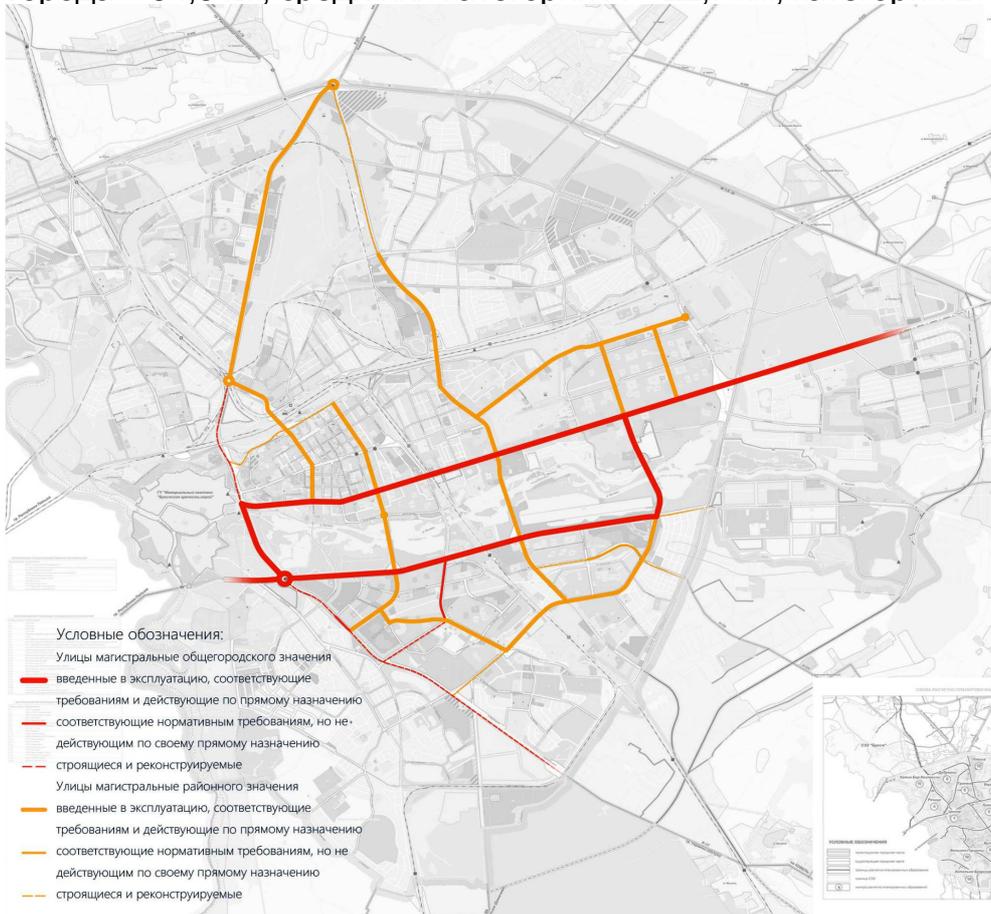
С каждым годом транспортная проблема в крупных городах все больше дает о себе знать в связи со стремительным ростом уровня автомобилизации и, особенно, с увеличением частоты пользования личным транспортом. Альтернативой личному становится массовый городской пассажирского транспорта (далее ГПТ). Для его успешного функционирования необходимо повысить качественные характеристики транспортного обслуживания до достижения необходимого уровня комфорта поездки.

### 2. АНАЛИЗ УЛИЧНОЙ СЕТИ ГОРОДА

#### 2.1 СУЩЕСТВУЮЩАЯ МАГИСТРАЛЬНО-УЛИЧНАЯ СЕТЬ ГОРОДА

Основа для движения ГПТ – уличная сеть города. В соответствии с указом Президента Республики Беларусь от 12 февраля 2019 г. (изменение к утвержденному Генплану города) в 2019-2025 гг. необходимо разработать схемы развития ГПТ и магистрально-уличной сети г. Бреста.

Магистральные улицы города Бреста представлены категориями: А8, А6, Б6 и Б4 (рисунок 1). Основой транспортной структуры города являются следующие улицы: проспект Машерова – Московская и Варшавское шоссе – Октябрьской революции – дублеры, образующие коридор направлением с запада на восток. На данный момент завершается вторая очередь строительства Западного обхода – магистрали, связывающей север и юг города. Общая протяженность магистральных улиц города – 54,6 км, среди них категории А – 22,7 км, категории Б – 31,9 км.



**Рисунок 1 - Схема магистрально-уличной сети г. Бреста**

## **2.2 СООТВЕТСТВИЕ УЛИЦ НОРМАТИВНЫМ ТРЕБОВАНИЯМ**

Для комфорта поездки улицы города, как пути движения ГПТ, должны соответствовать ряду нормативных требований. Требования по проектированию как уличной сети, так и системы ГПТ в целом определены в [1, 2]. Время в поездке (для 90% пассажиров) от мест проживания до мест приложения труда и обратно не должно превышать 45 мин., а радиус обслуживания остановочных пунктов – 500 м. Для районов усадебной застройки не более 800 метров, проходных промышленных предприятий – 400 метров, объектов общегородского значения массового посещения – 250 метров.

Маршруты автобусов должны прокладываться по улицам категорий не ниже Ж4, Е4, а троллейбусов – по магистральным улицам города. В качестве исключения допускается движение автобусов (троллейбусов) по улицам категории Ж2, Е2 (ширина проезжей части 7 метров) при интенсивности движения в одном направлении не более 10 ед/ч. В противном случае ширина проезжей части должна быть увеличена до 9 метров. Полосы для движения маршрутных транспортных средств выделяют, в первую очередь, для того, чтобы обеспечить соблюдение графика движения и, как следствие, доставить пассажиров до мест приложения труда вовремя. Выделение отдельных полос движения для ГПТ целесообразно на улицах с шестью и более полосами движения при интенсивности движения автобусов и (или) троллейбусов 30 и более ед/ч в одном направлении.

## **3. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

### **3.1 СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ**

Основными видами общественного транспорта в г. Бресте являются автобус и троллейбус. В городе 63 автобусных и 9 троллейбусных маршрутов. Автобусный парк насчитывает 144 единицы подвижного состава, троллейбусный – 74. Ежедневно в рабочий день на линии выходит 120 автобусов и 65 троллейбусов. Подвижной состав автопарка представлен автобусами Радимич малой вместимости (60 чел., 20 шт.), МАЗ средней (80 чел., 6 шт.), большой (100–120 чел., 73 шт.) и особо большой вместимости (150–180 чел., 45 шт.). Все троллейбусы марок БКМ, МАЗ большой вместимости. Другие технические возможности подвижного состава: провозная способность – 7000 чел/ч (автобус/троллейбус), максимальная плотность пассажиров в салоне – 10 чел/м<sup>2</sup>, нормативная – 4 чел/м<sup>2</sup>. Протяженность маршрутной сети составляет 215 км, плотность сети – 1,8 км/км<sup>2</sup> (нормативная 1,5–2,5 км/км<sup>2</sup>). Общее количество остановочных пунктов – 625.

Протяженность троллейбусных маршрутов в среднем составляет 8 – 12 км. По протяженности автобусные маршруты можно разделить на следующие группы: 1) 3–10 км: 21 ед.; 2) 10–12 км: 9 ед.; 3) более 12 км: 33 ед. Из них маршруты №№ 18, 20, 23б, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 44 имеют протяженность 18 км и более, а маршрут № 34 – 27 км.

### **3.2 ОСНОВНЫЕ ПАССАЖИРОПОТОКИ И ТИПЫ МАРШРУТОВ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА**

Как показывает статистика, общественным транспортом пользуется более 50% населения. В зависимости от назначения выделяют следующие типы поездок: трудовые, деловые, культурно-бытовые, туристические и другие [3]. Наиболее значимыми в плане организации системы транспортного обслуживания города являются трудовые поездки, так как составляют около 75% от общей подвижности населения, в час пик трудовые поездки составляют более 70% от всех типов поездок. Основная задача транспортного обслуживания города – увеличить количество трудовых передвижений населения на ГПТ и, тем самым, разгрузить уличную сеть города.

При проектировании маршрутов ГПТ важно знать распределение и концентрацию трудовых поездок, так как они образуют основные пассажиропотоки, по направлению которых затем прокладываются маршруты ГПТ. Планировоч-

ная структура города Бреста, как и ряда других крупных городов страны, в связи со сложившимися градостроительными тенденциями такова, что население сосредоточено в районах многоэтажной застройки. Срединная и периферийная зоны, где располагаются жилые районы, производственные и коммунально-складские зоны должны быть связаны между собой и центральной зоной города. Центр города, производство и «спальные» районы – три основных узла, в соответствии со взаимным расположением которых проектируются различные типы маршрутов [4,5].

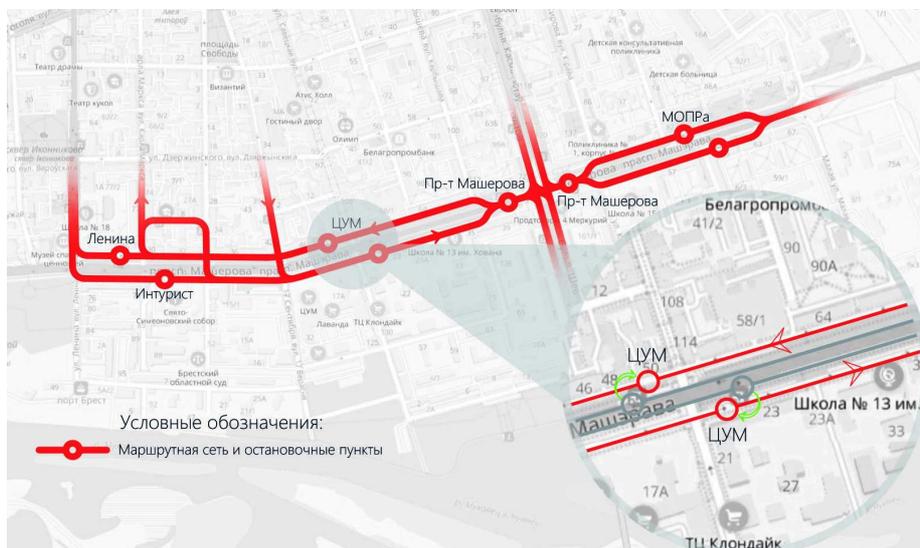
В зависимости от расположения на территории города маршруты делятся на диаметральные (полудиаметральные) (16 шт.), радиальные (35 шт.), хордовые (11 шт.) и кольцевые. При первом и втором типах маршрутов все поездки совершаются через центр города, в первом случае транзитом, во втором – с пересадкой. Третья схема связывает два района города не через центр. Четвертая схема, кольцевая, обеспечивает одностороннее движение маршрута «по кольцу». В таком случае устраиваются два маршрута-дублера, один из которых движется по часовой стрелке, а другой – против. Введение таких маршрутов наиболее целесообразно, однако возможность их введения определяется планировочной структурой города.

#### 4. ОПТИМИЗАЦИЯ СЕТИ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА

##### 4.1 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОКОВЫХ ПРОЕЗДОВ ДЛЯ АВТОБУСНОГО И ТРОЛЛЕЙБУСНОГО ДВИЖЕНИЯ

Так как интенсивность движения автобусов и троллейбусов по проспекту Машерова от ул. Ленина до Кобринского путепровода превышает 30 ед/ч, возникает необходимость выделения отдельной полосы для движения маршрутных транспортных средств. Однако основная проезжая часть улицы имеет 4 полосы движения, и при выделении такой полосы весь остальной транспорт будет двигаться по двухполосной проезжей части одной из основных транспортных магистралей города, в результате чего возникнут проблемы с пропускной способностью в час пик. При выделении такой полосы на боковом проезде разгружается основная проезжая часть улицы, а общественный транспорт не простаивает время в заторах, что улучшает комфорт поездки (рисунок 2). Для организации движения ГПТ по боковым проездам необходимо выполнить: 1) перенос троллейбусной подвески (контактной сети) и установку опор освещения на разделительных полосах между проезжими частями улицы с обеих сторон; 2) перенос остановочных пунктов «Ленина», «Интурист», «ЦУМ» и «МОПРа» на боковые проезды. Существующие остановочные площадки в виде открытых карманов могут использоваться для кратковременной стоянки транспортных средств. В устройстве карманов

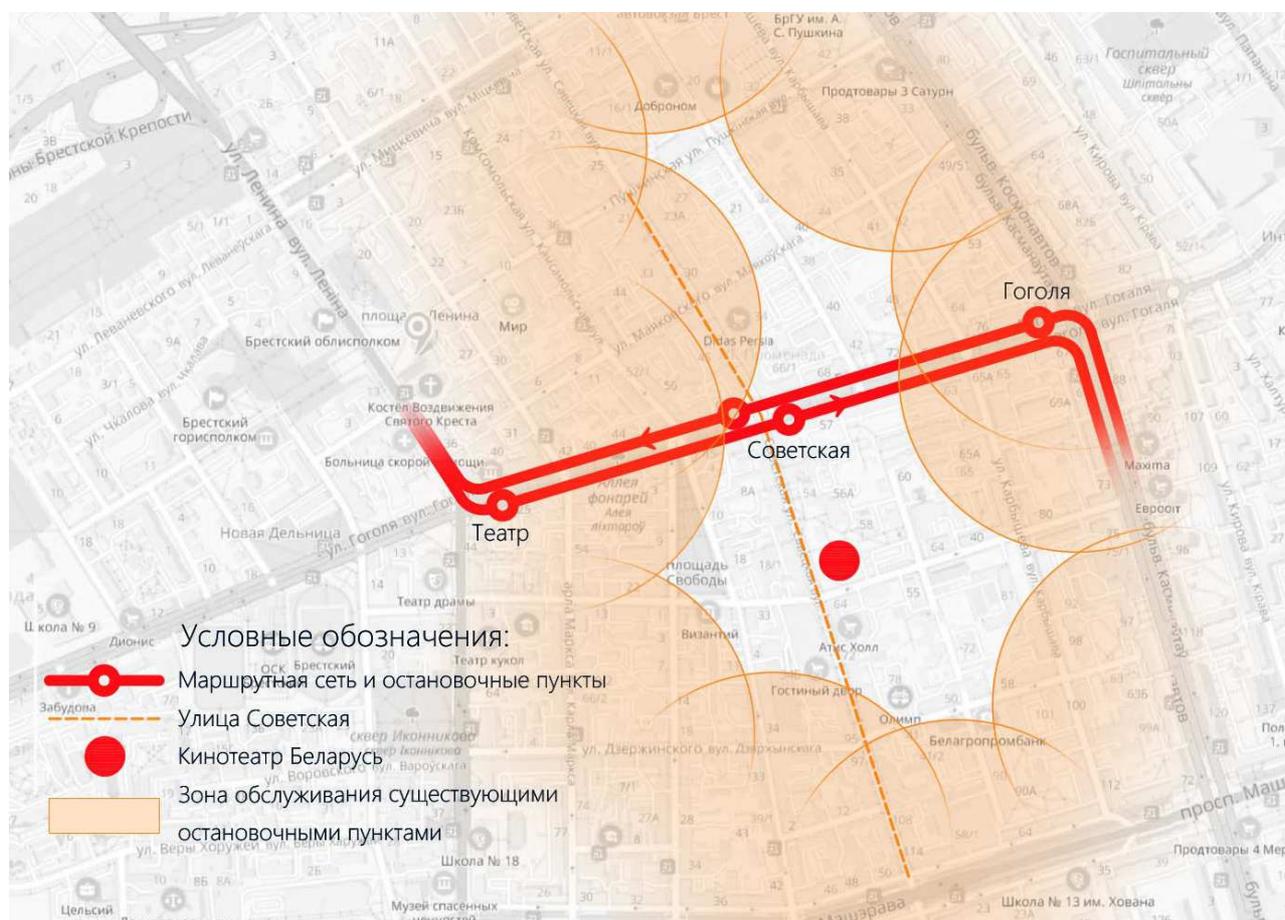
на боковых проездах нет ни необходимости, ни возможности в связи с наличием вблизи капитальной застройки.



**Рисунок 2 – Схема движения общественного транспорта по боковым проездам проспекта Машерова**

## 4.2 ОРГАНИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОБУСНЫХ МАРШРУТОВ ПО УЛИЦЕ ГОГОЛЯ

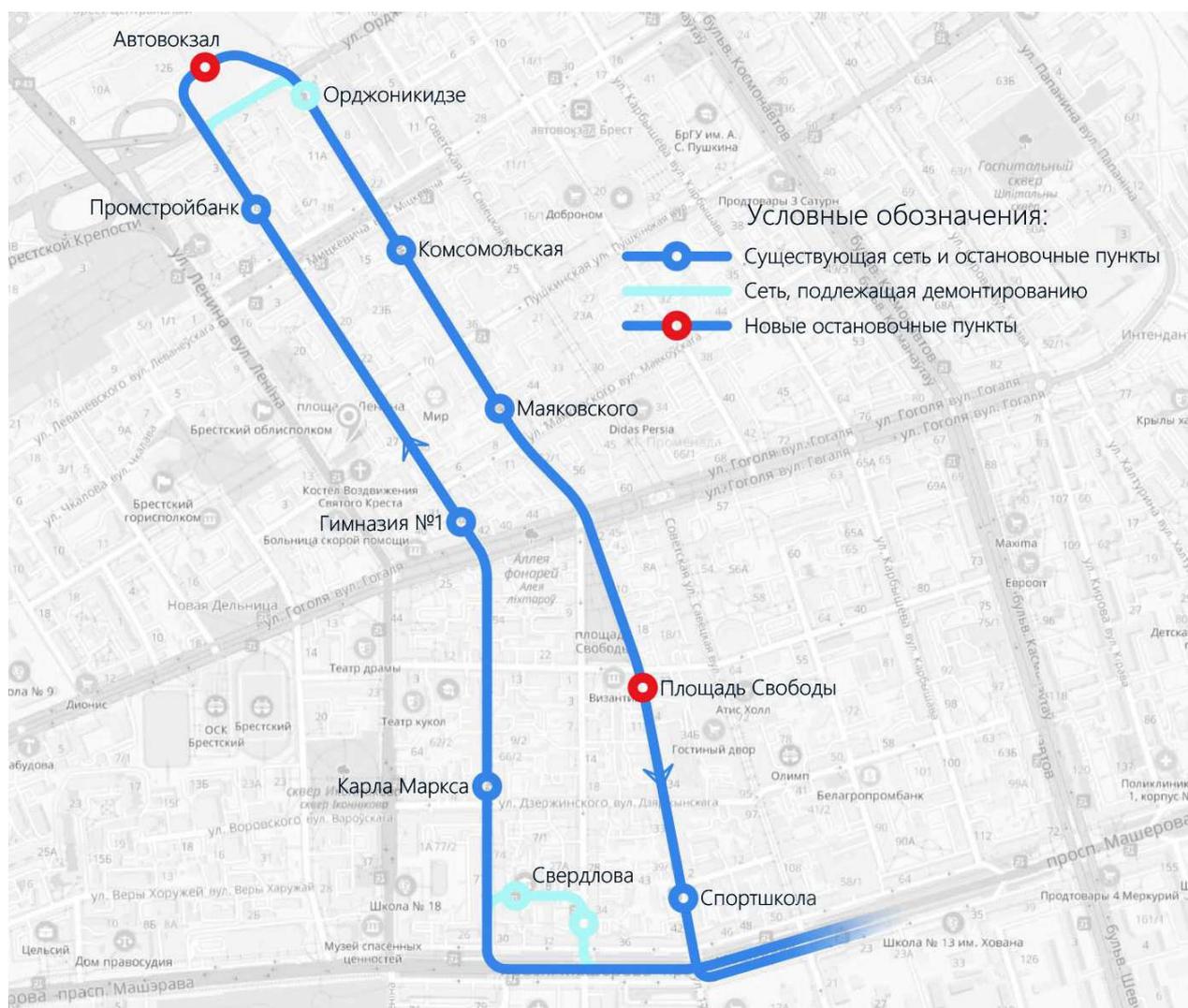
Пути движения общественного транспорта и пешеходные пути в центральной части города должны быть объединены в единую систему для удобства и комфорта передвижения населения. Движение автобусного транспорта в центральной части города осуществляется по ее периметру, в результате чего транспортная доступность пешеходной улицы Советской близка к предельному значению в 500 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. Для общественных объектов общегородского значения (массового посещения) это расстояние должно быть не более 250 метров. Расстояние от кинотеатра «Беларусь» (как объекта общегородского значения) до ближайших остановочных пунктов составляет (в скобках указано векторное значение): 1) до о. п. «ЦУМ» – 520 (490) м; 2) до о. п. «Гоголя» – 650 (470) м; 3) до о. п. «Театр» – 740 (540) м; 4) до о. п. «Маяковского» – 580 (500) м. На данный момент часть ул. Гоголя от ул. Зубачева до ул. Ленина используется для движения ГПТ. В соответствии с Генеральным планом города планируется соединить улицу Гоголя путепроводом с перекрестком улиц Я. Купалы и Пионерской. При смене категории улицы Гоголя с 32 на Ж4 на участке от ул. Ленина до бульвара Космонавтов появилась возможность пропуска по ней автобусных маршрутов (рисунок 3). В результате этого на пересечении с улицей Советской возникает новый остановочный пункт, а расстояние между ними вдоль ул. Советской сокращается вдвое.



**Рисунок 3 – Схема движения автобусных маршрутов по улице Гоголя**

### 4.3 ОРГАНИЗАЦИЯ ТРОЛЛЕЙБУСНОГО ДВИЖЕНИЯ

При следовании троллейбусных маршрутов от о. п. «Орджоникидзе» расстояние между перегонами по пути составляет: «Орджоникидзе» – «Комсомольская» – 270 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 минимум одного остановочного пункта на перегоне «Маяковского» – «Спортшкола» вблизи площади Свободы (рисунок 4). На данный момент до о. п. «Орджоникидзе» следуют маршруты №№ 1, 3, 4, 8. Маршруты № 2 и № 9 следуют до о. п. «Свердлова». При этом пассажиропоток в маршрутах № 2 и № 9 значительно меньше, чем на тех, которые следуют до о. п. «Орджоникидзе». При введении в эксплуатацию нового автовокзала по ул. Орджоникидзе количество пассажиров, выходящих на данном остановочном пункте резко увеличится, так как образуется полноценный транспортно-пересадочный узел между железнодорожным вокзалом, автовокзалом и конечными пунктами ГПТ «Орджоникидзе» и «Пригородный вокзал». В связи с этим целесообразно маршруты № 2 и № 9 продлить до о. п. «Орджоникидзе», контактную сеть по ул. Свердлова демонтировать и использовать для устройства стрелки правого поворота с ул. Московской на проспект Республики для снижения количества участков движения маршрута № 9 на автономном ходе.



**Рисунок 4 - Схема движения троллейбусных маршрутов в центральной части города**

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Город Брест активно развивается, и численность его населения растет. В связи с этим транспортная система города претерпевает изменения, однако этих изменений недостаточно для достижения необходимого уровня комфорта поездки. При развитии города в восточном направлении становится вопрос о введении новых скоростных видов общественного транспорта и возможности осуществления транспортной связи между Брестом и его городом-спутником Жабинкой. Рассматриваются возможные варианты использования существующих железнодорожных путей для прокладки по ним маршрутов ГПТ, а также введение скоростного трамвая. Немаловажным критерием является и экологичность подвижного состава. К тысячелетию города планируется закупить новые электробусы и использовать их на новом маршруте, который свяжет автовокзал и Центральную городскую больницу. Перед городом становится и ряд других задач, таких как транспортное обслуживание новых жилых районов и создание новых маршрутов. Однако первостепенная задача – оптимизация уже существующей сети маршрутов ГПТ, что позволит значительно улучшить показатели транспортного обслуживания.

### 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. Ставничий, Ю. А. Транспортные системы городов. – М.: Стройиздат, 1990 – 224 с.
4. Бакутис, В. Э. Городские улицы, дороги и транспорт / В. Э. Бакутис, Е. В. Овечников – М.: Высшая школа, 1971 – 258 с.
5. Горбанев, Р. В. Городской транспорт. – М.: Стройиздат, 1990 – 215 с.

УДК 378.147

*Китаевский Е. В., Назарук К. Р.*

*Научный руководитель: к. т. н. Акулова О. А.*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ БИОНИЧЕСКИХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ В AUTOCAD

Современные интеллектуальные технологии и подходы, инновационные материалы, широкий спектр возможностей трехмерного моделирования и расчета проектов, 3D-печать конструкций позволяют архитекторам и строителям воплощать в жизнь самые смелые идеи и концепции, подсказанные природой, что представляет собой новое направление в архитектуре – бионику.

Бионическая архитектура предполагает создание уникальных зданий и сооружений, являющихся естественным продолжением природы, не вступающих с ней в конфликт. Кроме того, она не просто заимствует гармоничные природные формы, но и функциональные особенности живых организмов – способность к саморегуляции системы, фотосинтез, принцип устойчивого развития и существования [1].

Новые технологии позволяют создавать не просто уникальные по своей форме и конструкции здания и сооружения, но и настоящие экосистемы, функционирующие подобно системам организмов, строящимся по принципу эконо-

мии материала, энергии с одновременным обеспечением надежности. Это определяет основные условия устойчивого существования и развития систем.

И если ранее проектирование и расчет конструкций сложных криволинейных архитектурных форм ограничивались уровнем развития информационных технологий, то сейчас, применяя САПР различного уровня, можно не только создавать реалистичные 3D-модели, но и осуществлять их расчет, проектировать весь срок эксплуатации, начиная с возведения, заканчивая реконструкцией и демонтажем, что отвечает требованиям информационного моделирования зданий и сооружений (BIM-технологиям) [2].

В качестве бионических геометрических форм применяют всевозможные сложные криволинейные поверхности, описанные, например, в [3]. Рассмотрим в качестве примера некоторые из них.

#### *Применение яйцевидной конструктивной формы в архитектуре.*

Базовой моделью яйца является пространственное тело овоидной формы, которое образуется путем вращения плоского овоида вокруг оси симметрии. Овоид, в свою очередь, замкнутая гладкая выпуклая кривая, имеющая только одну ось симметрии.

В ходе научных исследований было выявлено, что модель яйцевидной асимметричной формы имеет лучшие аэродинамические свойства, чем симметричная эллиптическая. Поэтому применение яйцевидных конструкций покрытий оправдано не только лишь с эстетической точки зрения, но и с конструктивной и функциональной.

Рассмотрим пример архитектурного сооружения на основе поверхности овоидной формы – «Кибертектурное Яйцо», г. Мумбаи, Индия (рис. 2, а). Создано известным архитектурным бюро компании James Law Cybertecture International в 2010 году. Уникально тем, что форма сооружения позволила создать конструкции здания без несущих колонн. Здание построено из стали и стекла, большую часть которого занимают стеклянные поверхности. Оно является важным достижением современной архитектуры, так как представляет собой полноценную интеллектуальную экосистему, которая полностью обеспечивает себя теплом и электричеством (солнечные панели и ветряные турбины), что позволяет уменьшить вред окружающей среде. На верхнем этаже вместо крыши находится открытый сад, который предназначен не только для поглощения избыточного солнечного света, но и для регулирования температуры, охлаждения постройки, собирая лишнее тепло со стен [4].

а)



б)



*а – «Кибертектурное Яйцо», г. Мумбаи, Индия;*

*б – Океанографический центр, г. Валенсия, Испания*

**Рисунок 1 – Примеры бионических архитектурных форм**

### *Применение покрытий на основе параболоидов в архитектуре*

Интересно применение поверхности гиперболического параболоида (гипара) в различных покрытиях, идея которых почерпнута из гармоничных природных форм. Гиперболический параболоид – дважды линейчатая поверхность отрицательной гауссовой кривизны – представляет собой геометрическое место точек, принадлежащих прямым, пересекающим три фиксированные скрещивающиеся прямые, параллельные одной плоскости.

Конструкции на основе этой поверхности обладают не только красотой, но и меньшей материалоемкостью, большей прочностью, сопротивляемостью снеговым и ветровым нагрузкам, технологичностью изготовления и возведения.

Рассмотрим пример архитектурного сооружения на основе гипара – Океанографический центр, г. Валенсия, Испания (открыт в 2003 году). На рисунке 2, б представлен ресторан, расположенный в центре комплекса. Его уникальная крыша, спроектированная архитектором Феликсом Канделой, представляет собой составную зонтообразную оболочку, состоящую из 8 элементов на основе гиперболического параболоида, похожую на фигуру водяной лилии. Как показывает статистический анализ оболочек такого типа, усилия каждого из элементов передаются по образующим к линиям сопряжения элементов, оставляя контуры оболочки ненапряженными. Это позволяет оставлять края оболочки свободными от контурных балок [5].

Бионические архитектурные сооружения, как правило, имеют сложную геометрическую конфигурацию, что затрудняет их проектирование и конструктивный расчет. И если ранее создание сложных бионических конструкций предполагало выполнение огромного количества чертежей и расчетов, то сейчас все это может быть заменено информационной 3D-моделью, выполняемой в САПР различного уровня.

Рассмотрим принципы моделирования сложных бионических геометрических форм на примере САПР AutoCAD.

В AutoCAD поверхность представляет собой трехмерный объект-оболочку с неограниченно тонкими стенками. Существуют два типа поверхностей: процедурные и NURBS-поверхности.

Процедурные поверхности могут быть ассоциативными, поддерживающими взаимосвязи с другими объектами, и поэтому с ними можно выполнять операции как с группой. NURBS-поверхности не сохраняют ассоциативные связи. Вместо этого у них есть управляющие вершины, позволяющие создавать формы более удобным способом.

Процедурные поверхности позволяют воспользоваться преимуществами ассоциативного моделирования, а NURBS-поверхности – преимуществами образования рельефа с помощью управляющих вершин.

В AutoCAD предусмотрены следующие способы создания процедурных и NURBS-поверхностей.

- создание поверхностей на основе 2D-профилей с помощью команд ВЫДАВИТЬ, ПОСЕЧЕНИЯМ, ПЛОСКПОВ, ВРАЩАТЬ, ПОВЕРХСЕТЬ и СДВИГ;
- создание поверхностей на основе других поверхностей с помощью команд ПОВЕРХПЕРЕХОД, ПОВЕРХЗАЛАТАТЬ, ПОВЕРХУДЛИНИТЬ, ПОВЕРХСОПРЯЖЕНИЕ и ПОВЕРХСМЕЩЕНИЕ);
- преобразование объектов в процедурные поверхности (команда ПРЕОБРВПВРХ);
- преобразование процедурных поверхностей в NURBS-поверхности (команда ПРЕОБРВНURBS).

Рассмотрим некоторые примеры моделирования бионических геометрических форм.

*Пример создания пространственного тела овоидной (яйцевидной) формы в AutoCAD.* Как отмечалось, моделью яйца является тело овоидной формы, образованное вращением плоского 2D-профиля, имеющего только одну ось симметрии, вокруг этой оси симметрии. Геометрические свойства моделируемого объекта определяют следующий порядок алгоритма решения поставленной задачи:

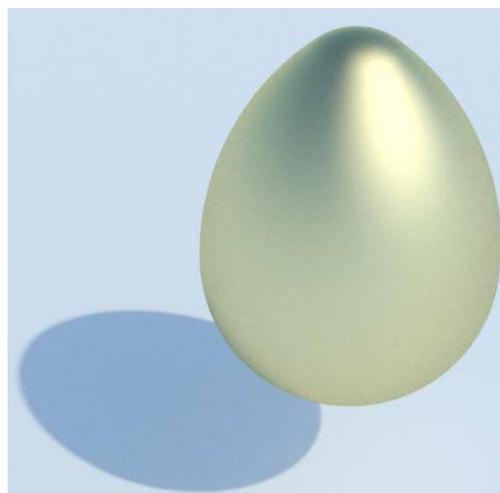
1. Создание в плоскости XY 2D-профиля овоидной формы посредством соответствующих команд на вкладках Рисование и Редактирование. При этом необходимо отметить, что разомкнутые профили создают поверхности, а замкнутые профили создают 3D-тела.

2. Создание искомой 3D-модели тела овоидной формы с помощью команды ВРАЩАТЬ. Отметим, что невозможно применить команду ВРАЩАТЬ к объектам, содержащимся в блоках, или объектам с самопересечением.

3. Ориентирование полученной модели в пространстве с помощью команды 3D-ПОВОРОТ (при необходимости).

4. Получение реалистичного ирг-изображения 3D-модели (см. рис. 2). При этом были применены следующие параметры визуализации:

- материал – Золото – металл (параметр блеска материала установлен в значении 40 % для удаления чрезмерных бликов на объекте);
- перспективная проекция;
- освещение – свет солнца (среда – отключена; параметр экспозиции – 8; баланс белого – 6500);
- режим включения расчетов небесного освещения при визуализации;
- режим отображения полных теней.



**Рисунок 2 – Визуализированная 3D-модель пространственного тела овоидной формы**

*Пример создания составной поверхности на основе гиперболического параболоида в AutoCAD.* Моделируемая поверхность представляет собой зонтообразную оболочку, состоящую из пяти элементов на основе гиперболического параболоида.

Алгоритм решения задачи будет иметь следующий порядок:

1. Создание с помощью команды СЕТЕВАЯ ПОВЕРХНОСТЬ гиперболического параболоида с заданными параметрами направляющих кромок.

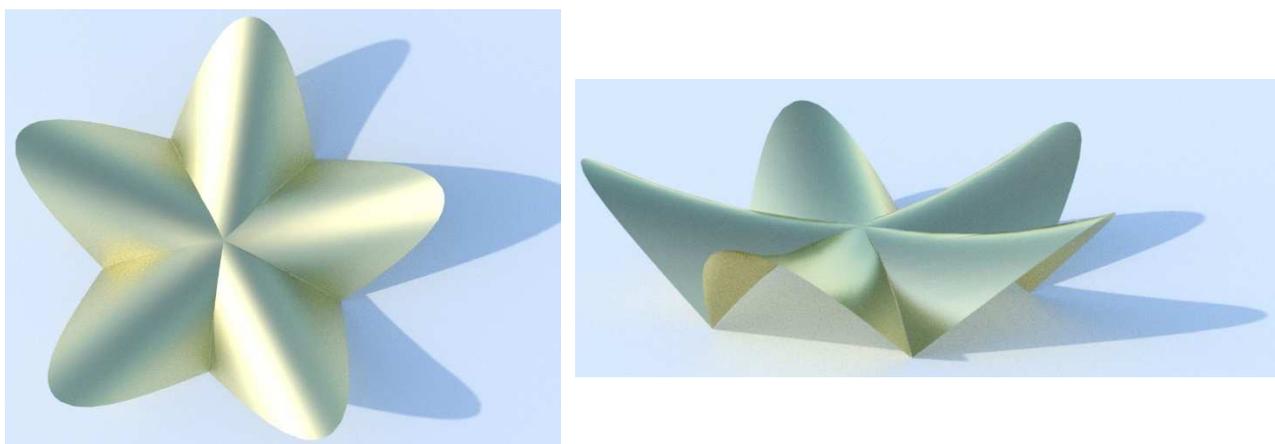
2. Преобразование сетевой поверхности в процедурную с помощью команды ПРЕОБРВПВРХ с целью использования ассоциативных свойств процедурных поверхностей при редактировании.

3. Моделирование конструктивного элемента составной поверхности (лепестка) с помощью команды СЕЧЕНИЕ. Так как поверхность состоит из пяти элементов, то угол при основании лепестка составит  $72^\circ$ . Внешняя часть лепестка обрезается проецирующей плоскостью под углом  $45^\circ$ .

4. Создание составной поверхности с помощью команды КРУГОВОЙ МАССИВ.

5. Ориентирование полученной модели в пространстве с помощью команды 3D-ПОВОРОТ (при необходимости).

6. Получение реалистичного ирг-изображения 3D-модели (см. рис. 3). Параметры визуализации аналогичны предыдущему примеру.



**Рисунок 3 – Визуализированная 3D-модель составной поверхности на основе гиперболического параболоида**

Таким образом, современные САПР позволяют моделировать самые разнообразные и сложные геометрические формы, подсказанные самой природой, что является современной и актуальной задачей, которую полезно применять в учебном процессе с целью развития творческих способностей будущих инженеров и архитекторов.

#### **Список цитированных источников**

1. Лебедев, Ю. С. Архитектурная бионика / Ю. С. Лебедев, В. И. Рабинович, Е. Д. Положай [и др.]; под ред. Ю. С. Лебедева. – М.: Стройиздат, 1990. – 269 с.

2. Акулова, О.А. Роль параметрического моделирования при изучении студентами строительных специальностей BIM-технологий в проектировании / О. А. Акулова, В. П. Уласевич, Н. Н. Шалобита // Теория и практика исследований и проектирования в строительстве с применением систем автоматизированного проектирования (САПР) : сборник статей Международной научно-технической конференции, Брест, 30–31 марта 2017 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: С. М. Семенюк [и др.]. – Брест, 2017. – С 3–7.

3. Кривошапко, С. Н. Аналитические поверхности: материалы по геометрии 500 поверхностей и информация к расчету на прочность тонких оболочек / С. Н. Кривошапко, В. Н. Иванов, С. М. Халаби. – М.: Наука, 2006. – 544 с.

4. Современное здание «ЯЙЦО» [Электронный ресурс] // Construction Today. – Режим доступа: <http://krutoy-dom.ru/sovremennoe-zdanie-yaico/>. – Дата доступа: 15.03.2019.

5. Милейковский, И. Е. Гипары. Расчет и проектирование пологих оболочек покрытий в форме гиперболических параболоидов / И. Е. Милейковский, А. К. Купар. – М.: Стройиздат, 1978. – 223 с.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИПСОВОЛОКНИСТЫХ ЛИСТОВ

В настоящее время широкое распространение в строительстве получило применение гипсоволокнистых листов в качестве как отделочного, так и конструкционного материала [1, 2]. Вместе с тем до настоящего времени в нормативных документах [3] отсутствуют какие-либо данные, касающиеся прочностных и упругих характеристик материала. Поэтому, целью данных исследований являлось определение прочностных характеристик гипсоволокнистых листов (далее ГВЛ) толщиной 12,5 мм при кратковременном действии нагрузки.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

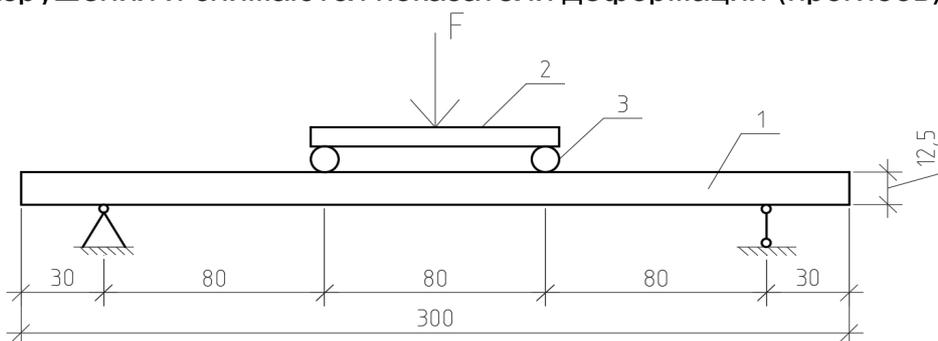
1. Разработана методика по определению прочностных характеристик ГВЛ (изгиб из плоскости листа, растяжение в плоскости листа);
2. Экспериментально определены прочностные характеристики при изгибе, растяжении.

При разработке методики по определению прочностных характеристик 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 [4].

Для нагружения испытываемых образцов по определению прочностных характеристик ГВЛ использовалась испытательная машина Quasar 25, позволяющая контролировать режим нагружения и задавать скорость приложения нагрузки, а также фиксировать деформирование испытываемого образца под действием нагрузки.

Образцы для определения прочностных характеристик при изгибе из плоскости листа изготавливались в форме прямоугольных призм  $L \times b \times h = 300 \times 50 \times 12,5$  мм.

Испытания образцов ГВЛ при изгибе из плоскости проводятся по схеме, как показано на рисунке 1. 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 траверсы 2 (рис. 1). Образцы загружаются возрастающей нагрузкой до полного разрушения и снимаются показатели деформаций (прогибов).



1 – испытываемый образец; 2 – траверса; 3 – валики

**Рисунок 1 – Схема испытаний образцов ГВЛ при изгибе из плоскости листа**

Значения прочности при изгибе ГВЛ из плоскости листа для каждого образца определялись по формуле:

$$f_m = \frac{3F_{\max} l_1}{bh^2}, \quad (1)$$

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.

Результаты проведения испытаний на изгиб из плоскости ГВЛ приведены в таблицах 1 и 2.

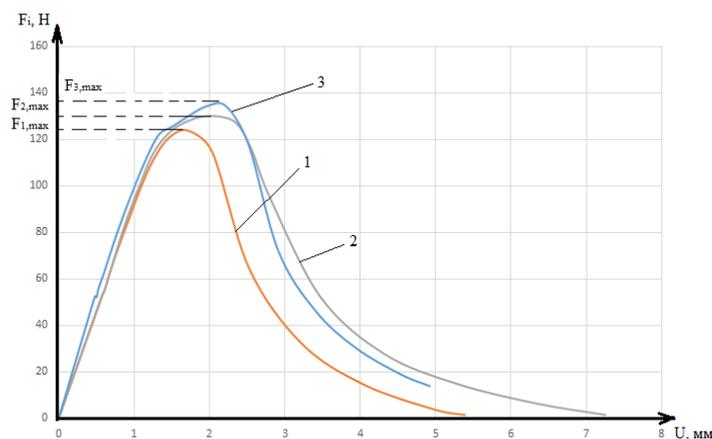
**Таблица 1 – Результаты испытаний образцов ГВЛ, вырезанных вдоль листа при изгибе из его плоскости**

№ образцов	Размеры поперечного сечения образца $b \times h$ , мм	Расстояние от опоры до точки приложения нагрузки $l_1$ , мм	Момент сопротивления $W = \frac{b \cdot h^2}{6}$ , мм <sup>3</sup>	Значение максимальной (разрушающей) нагрузки $F_{\max}$ , Н	Момент $M = \frac{F_{\max}}{2} \cdot l_1$ , Н·мм	Значение прочности $f_{m,0}$ , МПа	Среднее значение прочности $f_{m,mean}$ , МПа
1	2	3	4	5	6	7	8
1	56x12,5	80	1458	124,4	4976	3,41	3,56
2	56x12,5	80	1458	130,6	5224	3,58	
3	55x12,5	80	1432	134,4	5376	3,75	
4	55x12,5	80	1432	134,3	5372	3,75	
5	55x12,5	80	1432	116,8	4672	3,26	
6	57x12,5	80	1484	116,2	4648	3,13	
7	54x12,5	80	1406	124,1	4964	3,53	
8	53x12,5	80	1380	130,3	5212	3,78	
9	53x12,5	80	1380	132,7	5308	3,85	

**Таблица 2 – Результаты испытаний ГВЛ, вырезанные поперёк листа 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 $W = \frac{b \cdot h^2}{6}$ , мм <sup>3</sup>	Значение максимальной (разрушающей) нагрузки $F_{\max}$ , Н	Момент $M = \frac{F_{\max}}{2} \cdot l_1$ , Н·мм	Значение прочности $f_{m,90}$ , МПа	Среднее значение прочности $f_{m,mean}$ , МПа
1	2	3	4	5	6	7	8
1	55x12,5	80	1432	150,3	6012	4,20	4,17
2	55x12,5	80	1432	147,5	5900	4,12	
3	52x12,5	80	1354	139,2	5568	4,11	
4	53x12,5	80	1380	144,1	5764	4,18	
5	51x12,5	80	1328	140,8	5632	4,24	

По полученным данным были построены диаграммы деформирования образцов ГВЛ при изгибе из его плоскости. Некоторые диаграммы деформирования образцов приведены на рисунке 2, анализируя которые, можно отметить линейный (упругий) характер работы материала образцов при заданном режиме нагружения.



1 – для образца №1; 2 – для образца №2; 3 – для образца №3  
**Рисунок 2 – Диаграмма деформирования образцов ГВЛ при изгибе из его плоскости**

В процессе испытаний разрушение образцов имело хрупкий характер и происходило в результате разрыва ГВЛ в зоне действия максимального момента.

На основании испытаний было установлено, что образцы, вырезанные вдоль листа, при их изгибе из плоскости имеют меньшую прочность, чем образцы вырезанные поперёк листа. Разрушение образцов происходило примерно по центру.

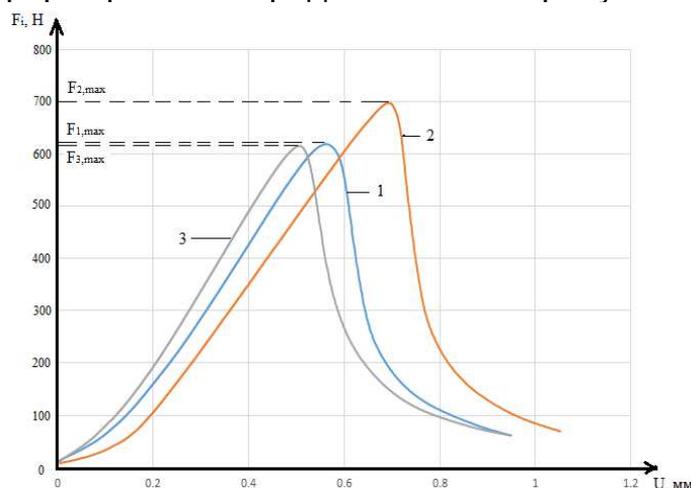
Для определения прочностных характеристик ГВЛ при растяжении в плоскости листа, в соответствии с разработанной методикой, было изготовлено и испытано 8 образцов вырезанных вдоль листа, и 5 образцов – поперёк листа.

Прочность при растяжении ГВЛ в плоскости листа определяется по формуле:

$$f_t = \frac{F_{\max}}{bh}, \quad (2)$$

где  $F_{\max}$  – сила нагружения, действующая на образец в момент разрушения, Н;  $b$  и  $h$  – ширина и высота поперечного сечения образца, соответственно, мм.

Диаграммы деформирования представлены на рисунке 3.



1 – для образца №1; 2 – для образца №2; 3 – для образца №3  
**Рисунок 3 – Диаграммы деформирования образцов ГВЛ при растяжении в их плоскости**

Характеристические значения прочности ГВЛ определялись в соответствии с требованиями [5].

В результате проведенных исследований установлено:

- при изгибе образцов ГВЛ из плоскости листа на четырёхточечный изгиб материал образца работал линейно вплоть до его разрушения, прочностные характеристики вдоль листа  $f_{m,meam} = 3,56$  МПа,  $f_{m,k} = 3,041$  МПа, поперёк листа –  $f_{m,meam} = 4,17$  МПа,  $f_{m,k} = 4,038$  МПа;

- при растяжении образцов ГВЛ в плоскости листа материал образца работал линейно вплоть до его разрушения, прочностные характеристики вдоль листа  $f_{m,meam} = 3,56$  МПа,  $f_{t,k} = 1,31$  МПа, поперёк листа –  $f_{t,meam} = 1,71$  МПа и  $f_{t,k} = 1,47$  МПа;

- значения прочности ГВЛ зависит от ориентации прикладываемого усилия по отношению к продольной (главной) оси листа.

#### **Список цитированных источников**

1. Листы гипсоволокнистые. Технические условия : ГОСТ Р 51829-2001 – 26 с.
2. Режим доступа: <http://masterim.guru/strojmaterialy/gipsovoloknistyj-list-karakteristiki/>
3. 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.
4. Плиты гипсовые, армированные волокном определение, требования и методы испытания. Часть 2. Гипсоволокнистые плиты : СТБ EN – 15283-2-2009 – 89 с.
5. Конструкции деревянные. Расчёт значений характеристик 5 – персентилля и критериев приемлемости образца : СТБ EN – 14358 – 2009 – 16 с.

УДК 624.073

*Лазарук А. А.*

*Научный руководитель: к. т. н., доцент Молош В. В.*

### **РАСЧЕТ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ПЛОСКИХ ПЛИТ НА ДЕЙСТВИЕ НАГРУЗКИ, ПРИЛОЖЕННОЙ В ЦЕНТРЕ**

**Введение.** Начиная с XX века, инженеры по всему миру проектируют монолитные железобетонные перекрытия с опорами на отдельно стоящие колонны. Одной из особенностей данных перекрытий является расчет узла сопряжения колонны и плоской монолитной плиты. В процессе сопротивления в плоской плите возникают значительные изгибающие моменты и поперечные силы, совместно формирующие сложное трехосное напряженное состояние в локальной области соединения плиты и колонны, при котором сопротивление изгибу полностью исчерпывается не всегда. При определенных условиях разрушение происходит от продавливания. При этом вокруг колонны формируется система наклонных трещин, по одной из которых, при разрушении, колонна с частью бетона конической формы (пирамида продавливания) хрупко отделяется от плиты.

Несмотря на большой опыт в возведении таких перекрытий, в практике проектирования, при расчете узла сопряжения колонны с плитой, используют эмпирические модели, основанные на экспериментах. На сегодняшний день фундаментальной модели, служащей для расчета продавливающих сил, по-прежнему не создано, и вопрос все еще остается неясным и исследуемым современными инженерами.

В данной работе, используя результаты экспериментальных исследований,

полученных в работе [1], выполнено сравнение экспериментальных и теоретических значений предельных продавливающих сил.

**Основная часть.** Теоретические значения продавливающих сил были получены двумя способами: по линейно упругому расчету железобетонной плиты, как тонкой осесимметричной пластины, свободно опертой по контуру и загруженной локально в центре [2]; по общему деформационному методу расчета железобетонных конструкций при действии изгибающих моментов и продольных сил [3].

В первом методе расчета продавливающей силы, для решения бигармонического дифференциального уравнения изгиба тонкой пластины, свободно опертой по контуру, был использован **метод конечных разностей**. При своей работе пластинка подчиняется гипотезе прямых нормалей, которая формулируется следующим образом: *нормаль к первоначально плоской срединной поверхности пластинки после деформации последней переходит в нормаль к искривленной поверхности* [2]. Тем самым постулируется отсутствие сдвигов по плоскостям, параллельным срединной поверхности.

Исходя из гипотезы прямых нормалей, при расчете пластинки вводятся следующие допущения:

1. Модуль сдвига пластинки в плоскостях, перпендикулярных плоскости пластинки, равен бесконечности. Объясняется это следующим образом. Гипотеза прямых нормалей постулирует отсутствие сдвигов по плоскостям, параллельным срединной поверхности. На самом деле эти сдвиги имеются, но они настолько малы, что влиянием их на остальные деформации и перемещения пренебрегают. Таким образом, появление касательных напряжений при отсутствии сдвигов оказывается возможным.

2. Для обеспечения неизменяемости расстояний между слоями пластинки считается, что модуль упругости материала в направлении из её плоскости равен бесконечности.

Таким образом, в технической теории расчета пластинок материал считается не изотропным, а обладающим в определенных направлениях бесконечно большой жесткостью. В этом отношении теория расчета пластинок идентична технической теории расчета балок, где наличие касательных напряжений в сечении сочетается с гипотезой плоских сечений, исключающей наличие сдвигов.

При рассмотрении равновесия бесконечно малого элемента пластинки  $dx dy$ , составить уравнения равновесия и преобразовать их, можно в итоге получить основное дифференциальное уравнение изгиба упругой пластинки:

$$\nabla^2 \nabla^2 w = \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{q}{D}, \quad (1)$$

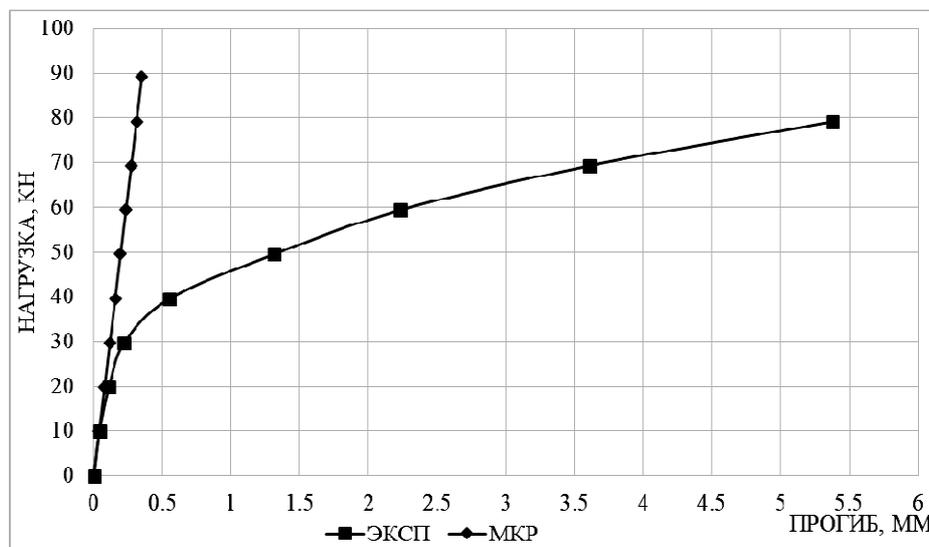
где  $w$  – прогиб пластинки;  $q$  – величина распределенной нагрузки на поверхности пластинки;  $D$  – цилиндрическая жесткость.

При расчете пластин одним из самых эффективных методов является метод конечных разностей. Сущность этого метода заключается в том, что дифференциальное уравнение изгиба пластинки (1) приближенно заменяется системой линейных алгебраических уравнений, в которых неизвестными являются прогибы  $w$  в отдельных точках поверхности пластинки. Эти точки располагают равномерно в узлах некоторой сетки, нанесенной на поверхность пластинки в виде двух пересекающихся семейств линий. Чем гуще эта сетка, тем точнее результаты расчета.

Используя метод конечных разностей, в данной работе была решена пластина, соответствующая по геометрическим и деформационным характеристикам опытным образцам. Для сравнения полученных результатов был со-

ставлен график зависимости нагрузки от прогиба пластины (рис.1).

Анализируя полученные данные, можно сделать заключение о том, что метод конечных разностей при расчете пластин в том виде, в котором он обычно используется, не подходит для расчета продавливающей силы.



**Рисунок 1 – Сравнение экспериментальных и рассчитанных нагрузок методом конечных разностей прогибов плиты**

Вторым методом для определения продавливающей силы был выбран **общий деформационный метод расчета железобетонных конструкций при действии изгибающих моментов и продольных сил** [3].

Данный деформационный метод позволяет выполнить расчет поперечного сечения элемента на действие изгибающих моментов и продольных сил при любой форме поперечных сечений, любом расположении арматуры в пределах сечения и произвольной системе усилий, вызванных внешними воздействиями. В этой деформационной модели используются:

- уравнения равновесия моментов и продольных сил в сечении, нормальном к продольной оси элемента;
- уравнения, определяющие зависимость напряжений от относительных деформаций для бетона и арматуры;
- уравнения, определяющие распределение относительных деформаций в бетоне и арматуре в пределах сечения, исходя из гипотезы плоских сечений;
- условия деформирования бетона и арматуры на участках между трещинами.

На примере произвольного сечения (рис. 2) рассмотрим особенности расчета по данной модели.

Оговоренные параметры для сечения (рис. 2) можно использовать следующим образом:

1) записать условия равновесия:

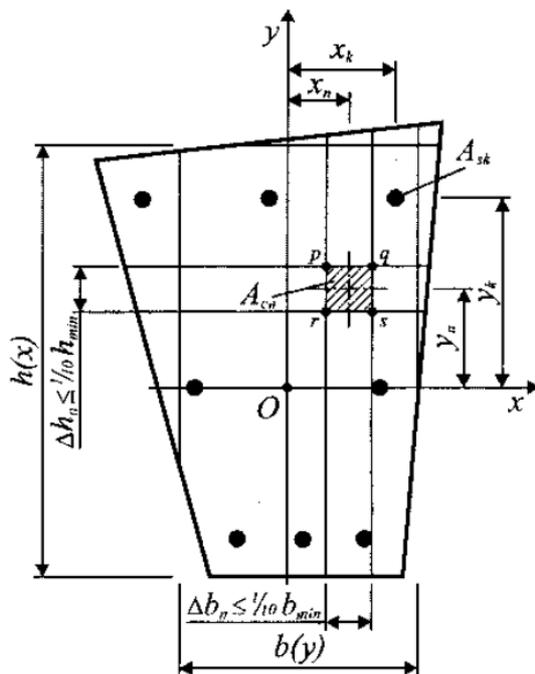
$$\left\{ \begin{array}{l} \int_{A_c} \sigma_c(\varepsilon_c) dA_c + \sum_k \sigma_{sk}(\varepsilon_s) A_{sk} - N_{Sd} = 0; \\ \int_{A_c} \sigma_c(\varepsilon_c) x dA_c + \sum_k \sigma_{sk}(\varepsilon_s) A_{sk} x_k - (M_{Sd,x} + N_{Sd,x} e_x); \\ \int_{A_c} \sigma_c(\varepsilon_c) y dA_c + \sum_k \sigma_{sk}(\varepsilon_s) A_{sk} y_k - (M_{Sd,y} + N_{Sd,y} e_y); \end{array} \right. \quad (2)$$

2) записать уравнения совместности относительных деформаций в виде гипотезы плоских сечений, определяющие их распределение по сечению:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{cn} &= \varepsilon_z + \varphi_x \cdot x_n + \varphi_y \cdot y_n; \\ \varepsilon_{sk} &= \varepsilon_z + \varphi_x \cdot x_k + \varphi_y \cdot y_k;\end{aligned}\quad (3)$$

3) использовать для определения напряжений диаграммы деформирования бетона и арматуры [4]:

$$\sigma_c = f(\varepsilon_c), \quad \sigma_{ct} = f(\varepsilon_{ct}), \quad \sigma_s = f(\varepsilon_s) \quad (4)$$



**Рисунок 2 – К расчету ЖБК по общей деформационной модели**

При решении уравнений (2) используют либо правила точного интегрирования, либо прибегают к численному интегрированию (суммированию) напряжений, действующих по элементарным площадкам, выделенным в пределах расчетного сечения.

Наиболее распространенным считается метод численного интегрирования, в котором бетонное сечение мысленно разбивают на отдельные малые участки, как правило, прямоугольной формы. В упрощенных моделях принимают допущение о том, что напряжения в пределах каждого выделенного слоя постоянны и равны напряжениям на уровне центра тяжести каждого элементарного участка. Считается, что допущение о постоянстве напряжений в пределах элементарного участка не вносит существенных погрешностей, если его размеры не превышают  $1/10$  соответствующего размера сечения.

Для определения критической продавливающей силы из рассмотренной деформационной модели была получена величина изгибающего момента, соответствующего предельному состоянию рассматриваемого сечения. При расчете по деформационной модели рассматривалось контрольное сечение шириной, равной длине периметра поперечного сечения колонны  $b_0$ , и высотой, равной высоте плиты. Величина продавливающей силы была определена в следующей последовательности:

1) зная величину изгибающего момента  $M$  в контрольном сечении плиты, определить величину погонного момента  $m$ , действующего по длине  $b_0$ :

$$m = \frac{M}{b_0}; \quad (5)$$

2) вычислить величину погонной опорной реакции  $v$ , равной величине погонной поперечной силы по выражению:

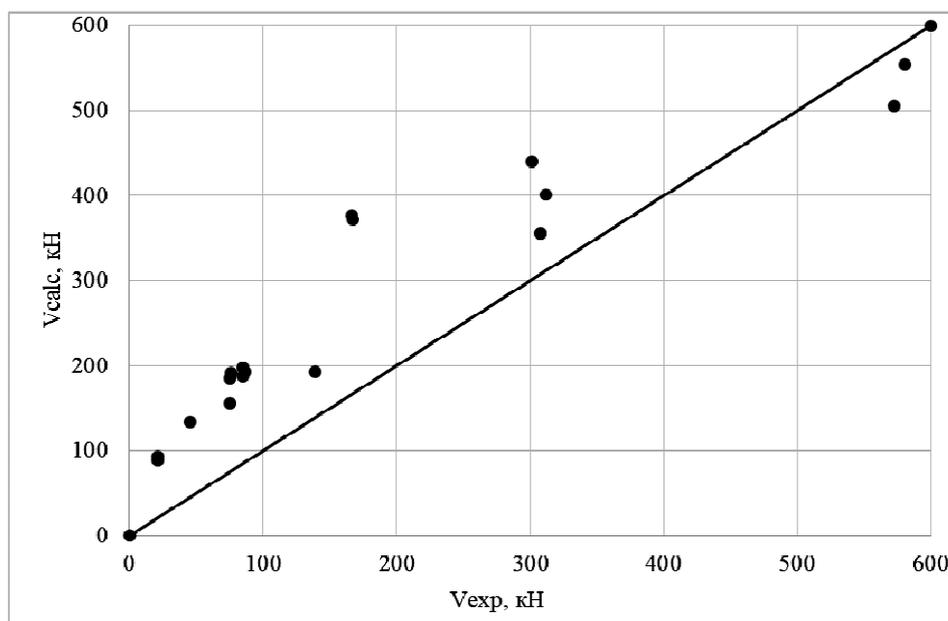
$$\frac{m}{r_s} = v, \quad (6)$$

где  $r_s$  – расстояние от опоры плиты до контрольного сечения в радиальном направлении;

3) определить искомое значение критической продавливающей силы, собрав полученную погонную поперечную силу по длине критического периметра  $u$  [4, п. 6.4]:

$$v \cdot u = V. \quad (7)$$

Расчет был выполнен для серии из 18 опытных образцов-плит, по результатам которого был построен график, показывающий соотношение экспериментальных и расчетных значений продавливающих сил (рис. 3).



**Рисунок 3 – Соотношение экспериментальных и расчетанных по деформационной модели значений продавливающих сил**

**Заключение.** Существующие модели, которые используются в практике проектирования при определении продавливающих сил, относятся к эмпирическим, полученным описанием экспериментальных данных абстрактными математическими зависимостями, не имеющими физико-механического смысла. В большинстве существующих нормативных документов стран Западной Европы и США, а также в нормы Республики Беларусь внесены именно такие модели. Применение таких моделей зачастую ограничено областью экспериментальных данных, на основании которых они были построены, и поэтому они носят скорее частный, чем общий характер.

По результатам исследования можно сделать следующие основные выводы:

1. Метод конечных разностей при расчете пластин в том виде, в котором он обычно используется, не подходит для расчета продавливающей силы, так как не точно описывает деформированное состояние плиты.

2. Полученные по деформационному методу значения продавливающих сил в среднем на 50 % больше экспериментальных, что обусловлено тем, что в расчете учитывалось влияние только изгибающих моментов, а следовательно, нормальных напряжений, действующих в плоскости поперечного сечения плиты; в настоящее время принята концепция о том, что одним из факторов, влияющих на разрушение плит от среза при продавливании, является достижение в бетоне предельной величины главных растягивающих напряжений, что ведет к образованию наклонной трещины, по которой происходит разрушение.

#### **Список цитированных источников**

1. Молош, В. В. Сопротивление срезу при продавливании самонапряженных плоских железобетонных элементов без поперечного армирования: дис. к-та тех. наук: 05.23.01 / В. В. Молош. – Брест, 2000. – 225 л.

2. Ржаницын, А. Р. Строительная механика: учебное пособие для строительных специальностей вузов. – 2-изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1991. – 439 с. – с илл.

3. Железобетонные конструкции. Основы теории расчета и конструирования: учебное пособие для студентов строительной специальности / Под редакцией профессора Т. М. Петцольда и профессора В. В. Тура. – Брест: БГТУ, 2003. – 380 с. – с илл.

4. Проектирование железобетонных конструкций : ТКП EN 1992-1-1-2009 (02250). Еврокод 2. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – Ч. 1-1: Общие правила и правила для зданий.

УДК 620.1:674.8

**Лазарук А. А.**

**Научные руководители: к. т. н., доцент Шалобыта Н. Н.,  
к. т. н., доцент Шалобыта Т. П.**

## **ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ И УГЛЕПЛАСТИКА**

**Введение.** В настоящее время перспективы развития деревообрабатывающей промышленности связывают с разработкой и широким применением древесных композиционных материалов (ДКМ). Они имеют комплекс свойств и особенностей, отличающихся от традиционного конструкционного материала деревообработки (массивной натуральной древесины) и в совокупности открывают широкие возможности для разработки новых материалов и технологических процессов [1]. Одним из направлений развития новых свойств в данных материалах является наклеивание высокопрочных углеродных ламелей на поверхность элементов, что может увеличить их жесткость и несущую способность. Такого рода усиление материалов может найти применение как при проектировании конструкций, так и создании новых конструктивных схем.

*Волокнисто-армированные полимеры (Fiber reinforced polymer - FRP)* представляют собой композит, состоящий из высокопрочных волокон и матрицы, предназначенный для связывания этих волокон при изготовлении структурных форм. Общие типы волокон включают арамид, углерод, стекло и высокопрочную сталь, а их матрицы – эпоксидные и сложные эфиры или неорганические матрицы для использования в огнестойких композитах. Системы FRP обладают значительными преимуществами по сравнению с классическими конструкционными материалами, такими как сталь, обладая малым весом, коррозионной стойкостью и т. д. К основным конструкционным преимуществам углеродных волокон относятся их исключительно высокие отношения сопротивления на растяжение к весу, а также высокие отношения модуля упругости к весу.

**Основная часть.** В настоящее время имеется множество систем несъемной опалубки выполненных из различных материалов. В большинстве случаев наиболее важным недостатком применения данных систем является ограниченный сортамент размеров плитных древесных композиционных материалов. Так, к примеру, в одной из мировых систем в которых используется несъемная опалубка из ЦСП VST BUILDING TECHNOLOGIES AG [2] технологии соединения отдельных листов ЦСП-опалубки как по длине, так и по ширине перекрытий выполняется с применением дополнительных металлических элементов (уголков) на механических связях [3], не предусматривающим передачу усилий между листами опалубки. В связи с вышеотмеченным при проектировании перекрытий совместную работу ЦСП и монолитного бетона рекомендуется не учитывать [3]. Однако, как показывают собственные экспериментальные исследования [4, 5, 6], одним из важных установленных эффектов явилась совместная работа двух материалов, поэтому целостность в работе непосредственно несъемной опалубки является одним из важных условий при проектировании данных перекрытий. Для качественной передачи усилий при работе листов несъемной опалубки из ЦСП предлагается решение с использованием в зоне их стыка ламелей из углеволокна.

Для изучения свойств под нагрузкой плитных композитных материалов на основе древесины, усиленных углепластиком, была проведена серия испытаний на статический изгиб следующих материалов:

- древесина;
- ориентированно-стружечная плита;
- фанера;
- ЦСП.

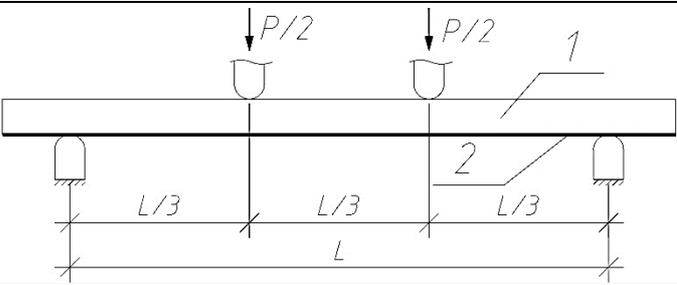
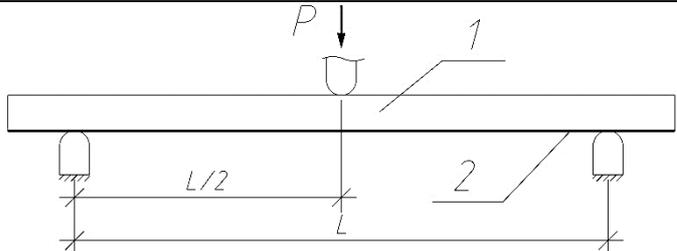
Испытания проводились в соответствии с действующими нормативными документами на соответствующие материалы [7, 8, 9, 10].

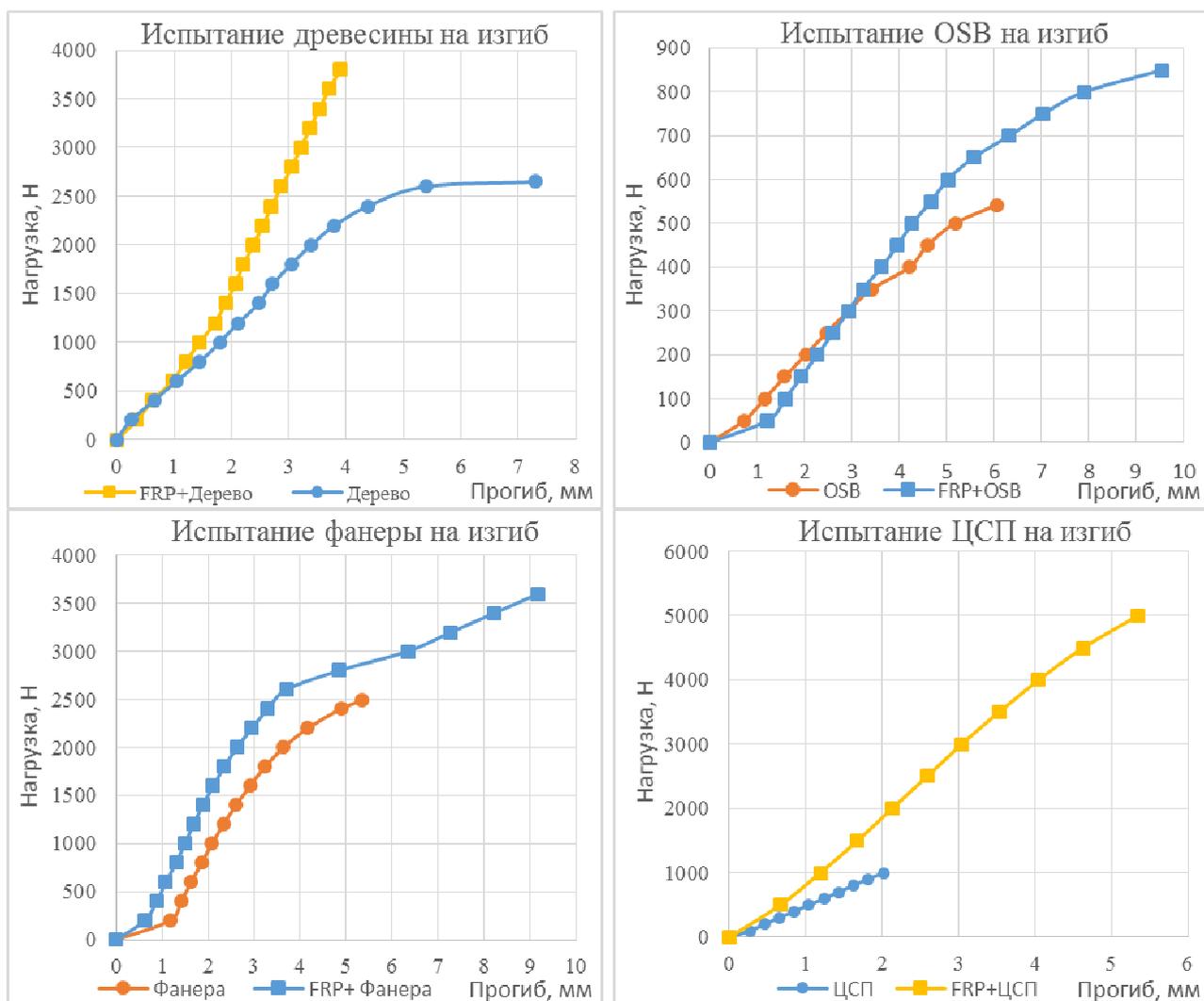
Размеры испытываемых образцов и соответствующие схемы испытаний представлены в таблице 1.

Результаты испытаний представлены на рисунке 1 в виде графиков, показывающих зависимость прогиба в середине пролета от соответствующей нагрузки, прикладываемой по соответствующей схеме таблицы 1.

На основании анализа полученных данных, можно сделать заключение, что при использовании в качестве усиления ламель из углеволокна, композиция с цементно-стружечной плитой наиболее эффективно воспринимает действующие усилия, при сравнении с характеристиками плиты без усиления.

**Таблица 1 – Размеры образцов и схемы испытаний композитных элементов (1 – соответствующий материал образца, 2 – углепластик)**

Материал	$l$ , мм	$b$ , мм	$h$ , мм	Схема испытания
Древесина	240	20	20	
OSB	240	50	12	
Фанера	100	50	10	
ЦСП	360	75	24	



**Рисунок 1 – Результаты испытаний плитных ДКМ, усиленных FRP**

**Заключение.** Цементно-стружечные плиты обладают рядом неоспоримых преимуществ при использовании в строительных конструкциях. С целью расширения области применения плит было предложено новое конструктивное решение для эффективного использования ЦСП в качестве несъемной опалубки в железобетонных конструкциях, а именно с внедрением в ЦСП усиления на основе углеволокна.

#### Список цитированных источников

1. Лазарук, А. А Композиционные материалы на основе древесины / А. А. Лазарук (научные руководители: Н. Н. Шалобыта, Т. П. Шалобыта) // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов: в 2 ч. – Брест : Из-во БрГТУ, 2018. – Ч. 1. – С. 204–208.
2. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Брест, 2012. – Режим доступа: [www.vst-austria.at](http://www.vst-austria.at) – Дата доступа: 21.08.2012.
3. VST SYSTEM MANUAL. VST Verbundschalungstechnik GmbH Wildgansgasse 1b/2 A 2332 Hennersdorf – Vienna, 223 p.
4. Шалобыта, Н. Н. Экспериментальное исследование деформированного состояния плоского многопустотного железобетонно перекрытия с применением элементов системы VST / Н. Н. Шалобыта, Е. А. Деркач // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2014. – № 1(85): Строительство и архитектура. – С. 97–102.
5. Шалобыта, Н. Н. Исследование прочностных и деформативных параметров контактных соединений монолитных конструкций с несъемной опалубкой из ЦСП /

Н. Н. Шалобыта, Т. П. Шалобыта, Е. А. Деркач, Ю. Н. Науменко // Вестник БрГТУ. – 2016. – № 1(97): Строительство и архитектура. – С. 81–86.

6. Шалобыта, Н. Н. Экспериментальное определение параметров контакта в монолитных конструкциях с включением в работу несъемной опалубки из цементно-стружечной плиты / Н. Н. Шалобыта, Т. П. Шалобыта, Е. А. Деркач, Ю. Н. Науменко // Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. – 2016. – Т. 6. №1: Тэхніка. – С. 58–66.

7. Древесина. Методы определения модуля упругости при статическом изгибе : ГОСТ 16483.9–73. – Введ. 01.07.1974. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1999. – 6 с.

8. Плиты древесные с ориентированной стружкой. Технические условия : ГОСТ 32567-2013. – Введ. 01.07.2014. – Москва : Стандартиформ, 2014. – 17 с.

9. Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона листовных пород. Технические условия : ГОСТ 3916.1-96 – Взамен ГОСТ 3916.1-89, ГОСТ 10.55-71 ; введ. 01.01.1998. – Москва : Издательство стандартов, 1997, Стандартиформ, 2008. – 11 с.

10. Плиты цементно-стружечные. Технические условия : ГОСТ 26816-2016. – Введ. 01.04.2017. – Москва: Стандартиформ, 2016. – 15 с.

УДК 620.1:674.8

**Лазарук А. А.**

**Научные руководители: к. т. н., доцент Шалобыта Н. Н.,  
к. т. н., доцент Шалобыта Т. П.**

## **ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НДС КОМПОЗИТНОГО ЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ ЦСП И УГЛЕПЛАСТИКА**

**Введение.** В настоящее время численное моделирование становится неотъемлемой частью при разработке, совершенствовании и исследовании строительных конструкций. Достигнутый на данный момент уровень развития вычислительной техники, как по быстродействию, так и по объему оперативной памяти, и одновременно с этим широкое внедрение многопроцессорных систем позволяют реализовывать более сложные нелинейные математические модели строительных конструкций из различных материалов. Решение подобных задач в нелинейной постановке позволит в конечном итоге реализовать идею сокращения экспериментальных исследований математическим моделированием на ЭВМ. Наряду с этим, в настоящее время изменились приоритеты исследования – главной задачей исследователя становится не получение любой ценой решения в виде аналитического выражения, а преобразование исходных уравнений (в том числе аналитическими методами) к виду, удобному для ЭВМ, и последующий машинный анализ, позволяющий получить максимум полезных свойств из моделируемой системы.

Вычислительный эксперимент во многом аналогичен натурному. Он также состоит из последовательного проведения этапов, таких как планирование экспериментов, создание экспериментальной установки, проведение испытаний, обработка экспериментальных данных, их интерпретация и т. д. Однако вычислительный эксперимент проводится не над реальным объектом, а над его математической моделью, и роль экспериментальной установки играет оснащенная специально разработанной программой ЭВМ.

Сравнивая численные и физические эксперименты, приходим к выводу, что физический значительно дороже. Численный эксперимент обладает типичной для теории степенью гибкости, которая состоит в способности оценить влияние

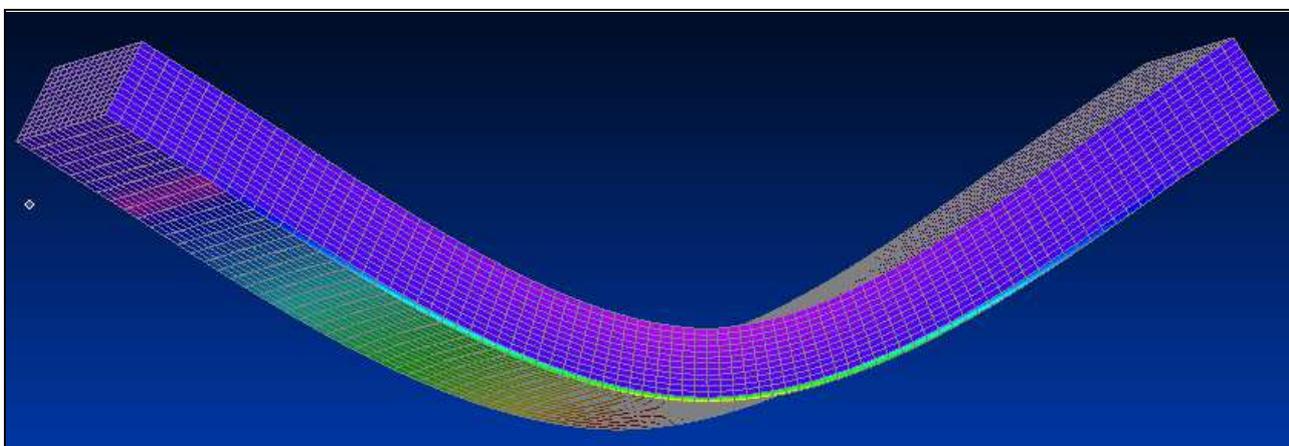
различных факторов, не прибегая к существенным изменениям в вычислительной модели. В тех случаях, когда физическое явление недостаточно изучено или реальный эксперимент трудно осуществим, математическое моделирование остается практически единственным средством. И, наконец, численный эксперимент является более прозрачным. Экспериментальные установки, даже построенные по единой принципиальной схеме, непременно имеют конструктивные, технологические и эксплуатационные особенности, которые в значительной степени определяют результаты опытов. Математические модели, алгоритмы и программы легко копируются, распространяются и воспроизводятся. Однако при проведении исследований важно помнить, что численный эксперимент имеет свои ограничения, которые могут привести к неэффективным затратам времени и ресурсов или даже к получению ошибочных результатов.

### **Основная часть**

Теоретическая оценка работы под нагрузкой железобетонной монолитной плиты с несъемной опалубкой из композитной конструкции в виде цементно-стружечной плиты и углепластика [1] предполагает наличие прочностных и деформационных характеристик данного материала, что требует проведения комплекса экспериментальных исследований. Численное моделирование нового материала конструкции в виде конечно-элементного объекта позволит существенно сократить продолжительность исследований, однако потребует верификации принятой модели на основе экспериментальных данных, но уже с меньшими затратами материальных ресурсов.

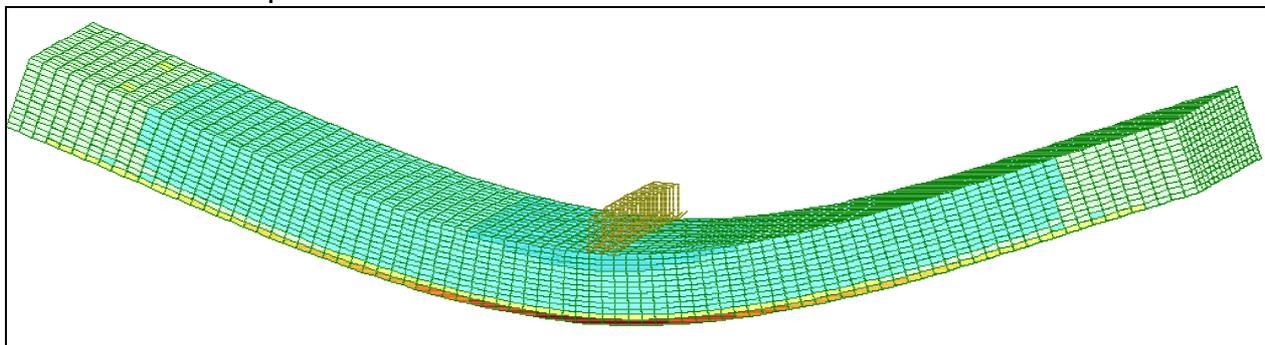
В качестве численного метода решения поставленной задачи использовалось конечно-элементное моделирование с применением вычислительных пакетов «NX Nastran» [2] и ПК «ЛИРА-САПР2017» [3]. При моделировании объемной модели и исследовании её напряженно-деформированного состояния применялось допущение в виде жесткого сопряжения углеволокна с ЦСП.

Для построения конечно-элементной трехмерной модели в NX Nastran было применено твердотельное моделирование с использованием КЭ «Solid» (рисунок 3). Разбивка производилась с использованием твердотельных пространственных шестигранных элементов «Solid» типа «Brick» («Брусоч»). Толщина принятых КЭ – 2 мм, что позволило разбить толщину композита на 13 равных частей (при толщине ЦСП 24 мм и углеволокна 2 мм). В горизонтальной плоскости размеры по двум осям приняты по 5 мм. Прочностные и деформационные характеристики отдельно каждого из материалов (ЦСП и углеволокна) задавались на основании данных, полученных по результатам их испытаний в соответствии с требованиями [4].



**Рисунок 1 – Численное моделирование композитного элемента в NX Nastran**

Объемное моделирование трехмерной модели в ПК ЛИРА-САПР было построено с применением конечного элемента «Тип 36 – универсальный пространственный восьмиузловой изопараметрический КЭ». Разбиение сетки конечных элементов выполнено аналогично Nastran, т. е. в вертикальной плоскости 2 мм и в горизонтальной по 5 мм.



**Рисунок 2 – Численное моделирование композитного элемента в ПК ЛИРА-САПР**

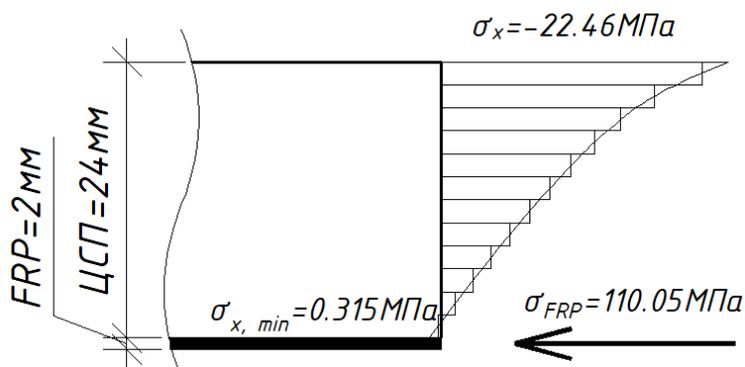
Верификация результатов численного и натурального экспериментов проводилась по значениям прочностных характеристик в характерных сечениях элемента и по величине вертикальных перемещений (прогиба) в тех же сечениях. В таблице 1 приведены данные сравнения численных и экспериментальных результатов при одинаковой величине прикладываемой нагрузки.

**Таблица 1 – Сравнение результатов экспериментальных и численных исследований при нагрузке, соответствующей трещинообразованию в ЦСП**

Показатель	Эксперимент	NX Nastran	ПК ЛИРА-САПР
Напряжения в FRP $\sigma_x$ , МПа	170	168	159
Прогиб, мм	5.35	3.62	3.02

Анализ полученных результатов, оформленных в виде обобщенных теоретико-экспериментальных характеристик, показал, что расхождение значений теоретических и экспериментальных данных по напряжениям находится в пределах 5–7%, по деформациям прогиба – до 35%.

Также полученные численные модели позволяют анализировать распределение напряжений по сечению образца. На рисунке 3 изображено распределение нормальных напряжений в середине сечения композита на некотором этапе нагружения до образования трещин.



**Рисунок 3 – Распределение нормальных напряжений по сечению на этапе нагружения**

Таким образом, разработанная математическая модель практически в полной мере адекватна реальной работе комплексного материала. Из полученных данных можно установить, что разработанная математическая модель соответствует необходимому уровню точности для определения прочностных и деформационных характеристик с целью предконструкторского проектирования конструкции.

**Заключение.** В действительности, численный эксперимент не может полностью заменить натурный, и поэтому необходимо их разумное сочетание. Результаты натурального опыта являются фундаментом для построения теории, на основе которой создается математическая модель. Поэтому к результатам численного эксперимента необходимо подходить с известной осторожностью, особенно если в его основе лежит новая теория либо используемые параметры модели находятся на границе области ее применимости.

Выводы:

1. Разработанная математическая модель по результатам верификации с проведенным физическим экспериментом является адекватной, что говорит о возможности дальнейшего применения результатов этой модели при проведении исследований.

2. Анализ полученных распределений напряжений и перемещений, построенных по результатам численных расчетов и экспериментальных исследований, наглядно демонстрируют достоверность созданной компьютерной модели, что позволяет ее использовать для дальнейших исследований.

#### **Список цитированных источников**

1. Шалобыта, Н. Н. Численно-экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния нового композитного элемента на основе цементно-стружечной плиты и углеволокна / Н. Н. Шалобыта, Т. П. Шалобыта, А. А. Лазарук // Теория и практика исследований и проектирования в строительстве с применением систем автоматизированного проектирования (САПР): сборник статей III Международной научно-технической конференции 28-29 марта 2019 г. – Брест: Изд-во БрГТУ, 2019. – С. 117–124.

2. NX Nastran [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/ru/products/simcenter/simcenter-nastran.html>. – Дата доступа: 10.03.2019.

3. ПК ЛИРА-САПР Проектирование и расчет строительных конструкций. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.liraland.ru/lira>. – Дата доступа: 10.03.2019.

4. Плиты цементно-стружечные. Технические условия : ГОСТ 26816-2016. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 15 с.

УДК 691.115:539.412

*Ласкевич А. В.*

*Научный руководитель: д. т. н. Найчук А. Я.*

### **ДЛИТЕЛЬНАЯ ПРОЧНОСТЬ ОРИЕНТИРОВАННО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ ПРИ ОСЕВОМ РАСТЯЖЕНИИ В ПЛОСКОСТИ ПЛАСТИ**

В последнее время как в нашей стране, так и за рубежом при строительстве малоэтажных домов широкое распространение получили ориентированно-стружечные плиты (ОСП). ОСП используют как конструкционные элементы в виде обшивок панелей стеновых панелей, настила полов, крыш, стенок балок двутаврового сечения, щитов опалубки и т. п. Несмотря на относительно широкую область применения ОСП в строительстве, до настоящего времени в нормативном документе [1] недостаточно полно приведены их значения как прочностных, так и упругих характеристик в зависимости от вида напряжённого состояния и продолжительности действия нагрузки. Решение данных во-

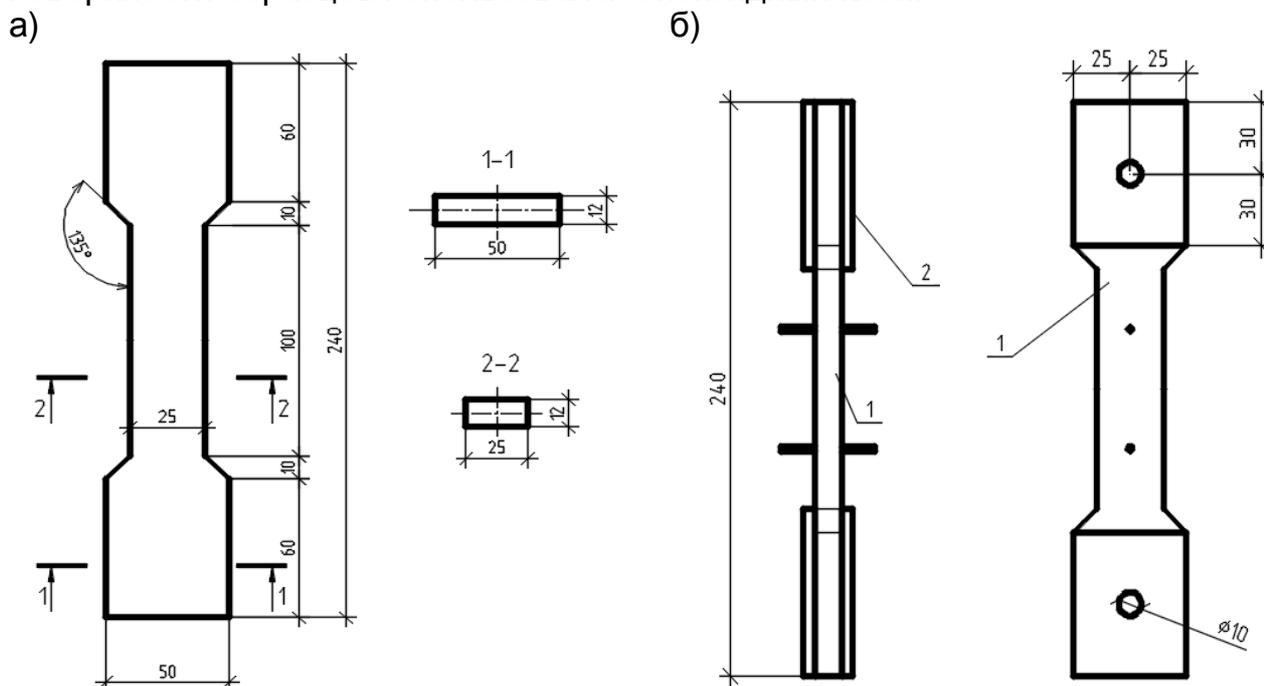
просов возможно при выполнении целого ряда экспериментальных исследований. Целью наших исследований являлось определение длительной прочности ОСП при осевом растяжении в ее плоскости. Для достижения данной цели были решены следующие задачи:

- выполнен анализ существующих методик определения длительной прочности для изотропных и анизотропных материалов с целью выбора и обоснования методики по определению длительной прочности ОСП;
- разработана методика определения длительной прочности ОСП при растяжении в плоскости пласти с учетом ориентации прикладываемого усилия по отношению к направлению древесных частиц наружного слоя;
- проведены экспериментальные исследования по определению кратковременной прочности ОСП при растяжении в плоскости пласти в зависимости от ориентации прикладываемого усилия для углов  $\alpha = 0^\circ; 30^\circ; 60^\circ$  и  $90^\circ$  по отношению к направлению древесных частиц наружного слоя;
- проведены длительные испытания образцов ОСП при растяжении в плоскости пласти в зависимости от ориентации прикладываемого усилия для углов  $\alpha = 0^\circ; 30^\circ; 60^\circ$  и  $90^\circ$  по отношению к направлению древесных частиц наружного слоя;
- выполнена обработка и анализ полученных результатов.

**Методика проведения экспериментальных исследований.** Изготовленные для испытаний образцы хранились в помещении с относительной влажностью воздуха  $65\% \pm 3\%$ .

Определение прочности ОСП при кратковременном и длительном действии нагрузки осуществлялось путем испытания образцов виде «лопаток» на действие растягивающих усилий в плоскости плиты (рис. 1).

Для предотвращения разрушения образцов в зоне приложения нагрузки в образцах (рис. 1б), предназначенных для длительных испытаний, на пласти были наклеены боковые накладки  $60 \times 50$  мм. В образцах для кратковременных испытаний (рис. 1а) накладки не использовались, а в образцах, предназначенных для длительных испытаний – из фанеры. Для крепления накладок к поверхности образцов использовался эпоксидный клей.



а – для кратковременных испытаний; б – для длительных испытаний  
1 – испытываемый образец; 2 – накладки из фанеры  $50 \times 50$  мм

**Рисунок 1 – Схема и геометрические параметры образцов ОСП**

В образцах в зоне захвата, предварительно, просверливались отверстия диаметром 12 мм, в которые впоследствии вставлялись металлические цилиндры диаметром 10 мм (рис. 1б) для лучшего центрирования при нагружении. Для фиксации значений величин деформации на каждый образец наклеивалось по 4 металлических маркера, до начала испытаний, расстояние между маркерами фиксировалось в журнале.

Перед испытаниями для каждого образца определялась влажность ОСП, выполнялись измерения размеров, осуществлялось их кондиционирование (выдержка в стандартных температурно-влажностных условиях).

Отобранные образцы после их кондиционирования и выполнения соответствующих измерений покрывались парафином. Такой способ защиты образцов при длительных испытаниях позволял гарантировать неизменность влажности древесины образцов в течение всего периода испытаний.

В процессе проведения длительных испытаний образцов осуществлялось измерение их деформаций по направлению прикладываемой нагрузки и времени испытаний. Деформации образцов под нагрузкой измерялись механическим способом с использованием штангенциркуля с ценой деления 0,001 мм и определялись по изменениям расстояния между маркерами, установленными на гранях рабочей зоны. Крепление маркеров к граням образцов осуществлялось с использованием эпоксидного клея.

При проведении кратковременных испытаний по определению значений прочности  $f_{t,0}$  использовалась машины Quasar 25. Нагружение образцов осуществлялось непрерывно. В процессе нагружения фиксировались время и величины деформаций в рабочей зоне образца. Всего было испытано по 20 образцов для каждого значения  $\alpha$ .

Нагружение образцов, при длительном действии нагрузки, осуществлялось путем подвешивания грузов необходимой массы, величина которых определялась исходя из принятого уровня напряжений. Всего было принято два уровня напряжений:  $0,85 \cdot f_{t,0,mean}$ ,  $0,7 \cdot f_{t,0,mean}$ . 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 образцов и их анализ**

Испытания по определению длительной прочности ОСП проводились, учитывая уже имеющиеся данные по определению прочности при кратковременном нагружении. Результаты анализа данных, полученных из испытаний по определению прочности ОСП от действия кратковременной нагрузки, представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Результаты обработки полученных данных из кратковременных испытаний**

Угол $\alpha$ , град	Среднее значение прочности МПа	Среднеквадратическое отклонение $\sigma$	Коэффициент вариации $v$ , %	Средняя ошибка	Обеспеченность 95,4%
0	8,83	2,09	23,65	0,47	7,89/9,76
30	7,27	1,96	27	0,44	6,4/8,15
60	4,85	1,39	28,7	0,31	4,22/5,47
90	5,05	1,01	20,05	0,23	4,59/5,5

Для каждого уровня нагружения ( $0,85 \cdot f_{t,mean}$  и  $0,7 \cdot f_{t,mean}$ ) образцов длительной нагрузкой и углов  $\alpha = 0^\circ; 30^\circ; 60^\circ$  и  $90^\circ$  было испытано по 5 образцов.

Результаты испытания образцов по определению длительной прочности  $f_{t,\alpha,t}$  приведены в табл. 2.

**Таблица 2 – Результаты испытания образцов при длительном действии нагрузки**

Напряжение в образце при длительном действии нагрузки $f_{t,\alpha,t}$ , МПа	Уровень напряжений $f_{t,\alpha,t} / f_{t,\alpha,mean}$	Среднее значение времени до разрушения образца $lg t_{mean}$ , с
$\alpha = 0^\circ$		
7,50	0,85	0,846
5,30	0,7	1,75
$\alpha = 30^\circ$		
6,16	0,85	3,59
5,09	0,7	5,94
$\alpha = 60^\circ$		
4,25	0,85	5,94
3,39	0,7	2,72
$\alpha = 90^\circ$		
4,66	0,85	0,69
3,53	0,7	5,28

**Заключение.** На основании проведенного исследования длительной прочности ОСП при растяжении установлено, что разрушение образцов имело хрупкий характер и сопровождалось значительным разбросом показателей прочности и долговечности. С увеличением угла  $\alpha$  приложения растягивающего усилия по отношению к направлению продольной оси ОСП от  $0^\circ$  до  $60^\circ$ , скорость уменьшения долговечности увеличивается. Что же касается скорости уменьшения длительной прочности ОСП для углов от  $\alpha=60^\circ$  к  $\alpha=90^\circ$ , то здесь наблюдается обратный эффект, то есть с увеличением  $\alpha$  скорость падения длительной прочности уменьшается.

В результате аппроксимации результатов, приведенных в таблице 2, значение длительной прочности  $f_{t,\alpha,t}$  можно определять из выражений (1–4):

$$f_{t,0,t} = 8.9596 - 2.0219 \cdot \lg t; \quad (1)$$

$$f_{t,30,t} = 7.324 - 0.3622 \cdot \lg t; \quad (2)$$

$$f_{t,60,t} = 4.8221 - 0.3523 \cdot \lg t; \quad (3)$$

$$f_{t,90,t} = 4.9562 - 0.2728 \cdot \lg t, \quad (4)$$

где  $t$  – время, с.

В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что значение длительной прочности зависит не только от уровня напряжений, времени действия нагрузки, но и угла наклона прикладываемого усилия по отношению к главной оси плиты.

## **Список цитированных источников**

1. Еврокод 5. 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. – 106 с.

УДК 72.025.5(476.7)

*Лешкевич Д. С., Романчук К. С.*

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

## **КОНЦЕПЦИЯ РЕВАЛОРИЗАЦИИ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫХ ЦЕННОСТЕЙ МЕСТЕЧКА ШЕРЕШЕВО ПРУЖАНСКОГО РАЙОНА**

### **1. История**

Поселок Шерешево находится в Пружанском районе Брестской области у Беловежской пущи на реке Левая Лесная. К истории данного местечка причастны такие исторические личности, как: великий князь Витовт, шляхтич Николай Насута, шляхтичи Забтезинские и Ильиничи и другие.

В начале XVI века Шерешево было не местечком, а городом.

В Шерешево заезжала Бона Сфорца, королева польская и великая княгиня литовская, которая выкупила данное местечко.

С 1536 года Шерешево становится собственностью королевы Боны Сфорца. Город стоял на пути из столицы Польского королевства – Кракова – в столицу Великого княжества Литовского – Вильно. Данное место было прекрасным для экономического развития. Королева Бона Сфорца дает Шерешево Магдебургское право, чтобы тут развивались торговля и ремесла. Благодаря этому в городе появились пивоварни, начали строиться корчмы и магазины, проходили ярмарки. За границу через Балтийское море, по реке Лесная, начали переправлять лес, это начало приносить хороший доход.

В 1578 году в Шерешево собралось войско Речи Посполитой, чтобы двинуться отсюда на битву с русскими завоевателями. Постоянные войны с Москвой привели Шерешево к упадку. После 13 лет войны местечко было полностью спалено. Затем началась Северная война, и вновь дома Шерешево горели. Чтобы помочь жителям встать на ноги, сейм Великого княжества Литовского решил освободить Шерешево от налогов.

В конце XVIII века Шерешево было собственностью шляхтичей Флемингов. Они приложили все свои усилия к тому, чтобы город получило герб. Это случилось 27 февраля 1792 года [3].

### **2. Обзор памятников архитектуры**

В поселке сохранилась звонница, построенная в 1799 году у Пречистенской церкви. Петропавловская церковь – памятник деревянного зодчества, возведенная в 1824. Церковь – односрубная, имеет черты классицизма. Далее – Свято-Николаевская церковь в псевдорусском стиле. Построена во второй половине XIX в. И еще один памятник архитектуры – Шерешёвский Троицкий костёл, который был возведен в 1848 году в стиле позднего классицизма. Ранее на территории местечка находилась Пречистенская церковь, но она до наших дней не сохранилась.

#### **2.1. Униатская Пречистенская церковь**

В 1760 году была построена униатская Пречистенская церковь – памятник деревянной культовой архитектуры XVIII–XIX вв., возведенная “без единого

гвоздя” местными мастерами-умельцами. В 1799 г. к ней была пристроена двухъярусная колокольня. Подобное соединение храма и звонницы было характерно для польской архитектуры XVI–XVII вв. В XVIII в. такая композиция для Западной Беларуси была редкостью.

Вначале это был униатский храм, а с 1839 г. церковь становится центром религиозной жизни православного Шерешевского прихода.

В 1957 г. храм был разобран по решению местной советской власти. Для прихожан была оставлена более новая Николаевская церковь, а старая Пречистенская была уничтожена. О ней сейчас напоминает только уцелевшая звонница, которая сейчас является памятником деревянного зодчества республиканского значения [4].

## **2.2. Звонница**

Звонница – колокольня, расположенная около центральной площади.

Данная колокольня является памятником деревянного зодчества конца XVIII века. При минимальном использовании декоративных форм звонница характеризуется лаконичностью решения. Объёмное построение и выразительный силуэт обеспечивают художественный эффект звонницы. Конструкции при постройке были выбраны рациональные и экономичные.

Представляет собой центрическое квадратное в плане строение, состоящее из двух ярусов. Покрытием первого яруса служит пропорционально высокая четырёхскатная крыша, завершением второго – шатровый четырёхскатный верх и шестигранный барабан [5].

## **2.3. Петропавловская церковь**

Раньше эта церковь стояла в центре города возле Пречистенской церкви, а построена была в 1500 году. В 1820 году было решено перенести церковь на кладбище, на окраину деревни. Несмотря на то, что данное сооружение стоит больше 500 лет, оно чудесно сохранилось. Шерешёвская Петропавловская церковь – памятник деревянного зодчества, имеет черты классицизма, с трехгранной алтарной апсидой, укрыта высокой двухскатной крышей с вальмами над алтарем. Главный фасад имеет шестиколонный портик с треугольным фронтоном, увенчанным двухъярусной фигурной башенкой. Стены обшиты досками. Декоративная отделка фронтона украшена религиозными сюжетами. Окна прямоугольные и ромбические. На данный момент эта церковь выполняет роль часовни [6].

## **2.4. Костел Святой Троицы**

Первый костел Святой Троицы в Шерешево был деревянным. Построили его в 1539 году по распоряжению королевы Боны Сфорца. В середине XVIII в. он был сожжен. Похожая судьба ожидала и следующее здание костела, также деревянного.

Строительство нынешнего кирпичного здания Троицкого костела продолжалось 7 лет. Ровно 100 лет костел был центром католической жизни Шерешево и окрестных деревень.

Архитектурные особенности костела: прямоугольное в плане здание накрыто двухскатной крышей с вальмой над алтарной частью. В верхних ярусах башен арочные проемы.

Фасад украшают 2 деревянные скульптуры апостолов, установленные в боковых арочных нишах. Подобные скульптуры расположены и в прямоугольных нишах на боковых гранях нижнего яруса башен. Алтарь решён коринфской колоннадой.

В 1963 г. с костёла было вывезено 47 скульптур, считающихся памятниками XV–XIX вв. В 1970 г. в Минск были забраны ещё 3 древние скульптуры: апостол и 2 архангела. Около костёла находится могила Яна Крашевского [7].

## **2.5. Свято-Николаевская церковь**

Свято-Николаевская церковь, которая стоит напротив костела, была построена в 1872 году. С XVI века здесь находилась известная Шерешевская школа иконописи. Сегодня в Минском художественном музее находится известное «Шерешевское Евангелие» и некоторые иконы этой школы. В Свято-Николаевскую церковь были перенесены ценности из униатской Пречистенской церкви. Сооружение имеет продольно-осевую композицию, образованную колокольней, трапезной, основным объемом и алтарной апсидой. Элемент ассиметрии в композицию вносит ризница, примыкающая к пятигранной апсиде с южной стороны. В силуэте здания доминируют два граненых купола на трехъярусной шатровой колокольне и восьмигранном барабане основного кубовидного объема. Фасады прорезаны арочными оконными проемами. В украшении церкви использованы элементы декора древнерусского зодчества. В интерьере основного объема открывается пространство трапезной. Апсида отделена высоким ярусным деревянным иконостасом [8].

## **3. Концепция парка**

По территории Пружанского района проходит туристический маршрут Шерешево- Пружаны-Ружаны, благодаря которому туристы могут познакомиться с памятниками архитектуры и памятными местами г. Пружаны и Пружанского района.

Нашим проектом было запланировано создание парка на территории поселка Шерешево. Основными видами ландшафтно-планировочной организации зеленых насаждений являются массивы, группы, рядовые посадки, солитеры, стриженные и свободнорастущие живые изгороди, а также газон и цветники.

Основной целью создания парка является организация культурного отдыха жителей и гостей. Задача данного парка – создать среду для активного и пассивного отдыха посетителей.

Парк условно можно разделить на несколько зон: набережная, главная пешеходная аллея, зона парка миниатюр, зона культурно-просветительского центра, площадь с амфитеатром, зона конюшни, прилегающей гостиницы и музея. Для рациональной организации отдыха посетителей проводим функциональное зонирование территории парка и выделяем такие зоны, как массовых мероприятий, физкультурно-оздоровительная, детская, культурно-просветительская и зона тихого отдыха.

Для осуществления функции познания устраиваем культурно-просветительский центр с закрытой и открытой экспозицией. Сюда же относится лекторий с читальней и амфитеатр – организация культурного отдыха населения и его интеллектуального и духовного роста.

Для организации занятий спортом, а также отдыха детей проектируем площадки со всем необходимым оборудованием.

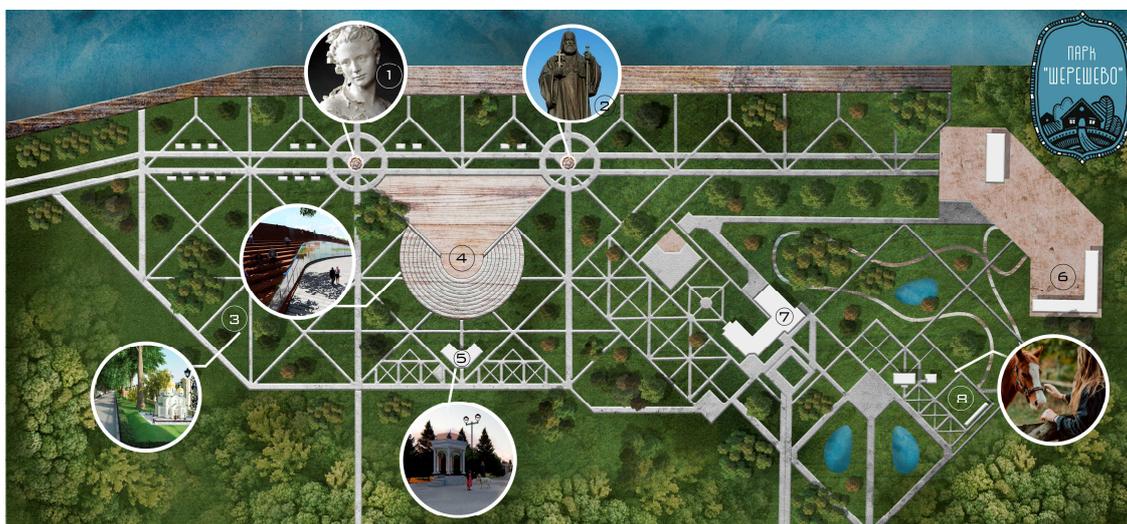
Зона тихого отдыха и прогулок включает в себя прогулочные тропы, тихие уголки парка с беседками, набережную.

Также отдельной зоной хотелось бы выделить конюшню и прилегающую к ней небольшую гостиницу. На территории конюшни проектируем гостиницу на 40 мест, недалеко от территории планируется расположить музей, т. к. поселок знаменит своей историей и деятелями культуры.

Отдельной зоной выделяем парк миниатюр, разместив в нем макеты самых интересных архитектурных объектов, предусматриваемых посещение по туристическому маршруту. Парк миниатюр – особый вид парка-музея под открытым небом, в котором демонстрируются уменьшенные копии (макеты и модели) архитектурных сооружений, а также технических и природных объектов.

Первые частные парки миниатюр появились, предположительно, в начале XX века. Парки миниатюр различаются как по масштабу, так и по темам.

В проектируемом парке планируется размещение более 20 уменьшенных памятников архитектуры в масштабе 1:25. Причём это будут не только существующие объекты, но и те памятники, которые были утрачены с течением времени. Парков такого образца на территории республики нет, поэтому данная концепция позволит местечку Шерешево стать центром притяжения туристов и жителей республики.



- |                         |                                   |              |
|-------------------------|-----------------------------------|--------------|
| 1. Памятник Боны Сфорца | 4. Амфитеатр                      | 7. Гостилица |
| 2. Памятник Бобровскому | 5. Досугово-развлекательный центр | 8. Музей     |
| 3. Парк миниатюр        | 6. Конюшня                        |              |

**Рисунок 1 – Эскизный проект парка**

#### 4. Техничко-экономические показатели

**Таблица 1 – Техничко-экономические показатели**

Название	Показатель
Общая площадь территории	25,0 га
Территория конюшни	5,5га
Территория музея	0,6 га
Территория гостиницы	2,4га
Территория набережной	0,2га
Территория культурно-просветительского центра	0,6га
Территория парка миниатюр	5,0га
Территория площади с амфитеатром	1,3га

#### 5. Заключение

Метод ревалоризации основан на комплексном исследовании объекта: его формы, функциональной структуры, пропорций и масштабности, сравнительного анализа с аналогичными памятниками культового зодчества, изучения истории формирования храмового ансамбля и восстановления архитектурных чертежей. Работа представляет интерес как опыт ревалоризации утраченного наследия в условиях минимальной информации: в основном по архивным фотоматериалам и описям имущества храма. А при данном варианте решения проблемы культурного наследия объект не утрачивает первоначальную аутентичную функцию, для которой он создавался изначально. А даже приобретает, помимо усиления архитектурного образа, еще и культурно-просветительскую и туристическую функции.

### **Список цитированных источников**

1. Федорук, А. Т. Садово-парковое искусство Белоруссии // Ураджай. – 1989.
2. Кулагин, А. Н. Архитектура дворцово–усадебных ансамблей Белоруссии : вторая половина XVIII – начало XIX в. / А.Н. Кулагин. – Минск : Наука и техника, 1981.
3. Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.) – СПб. : АО «Ф. А. Брокгауз – И. А. Ефрон», 1890–1907.
4. Отдел по образованию Пружанского района ГУО “Шерешевская средняя школа”. Запись от 30 марта 2017. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://shereshevo-school.pruzhanu.by/?p=461>.
5. Интернет-журнал БрестСИТИ. Запись от 27 июня 2017. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://brestcity.com/blog/kolokolnya-zvonnica-xviii-veka-v-d-shereshevo-pruzhanskogo-rajona>.
6. Интернет-журнал planetaBELARUS // Наследие. Церковь Святого Петра и Павла в Шерешево – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://planetabelarus.by/sights/tserkov-svyatogo-petra-i-pavla-v-shereshevo/>.
7. Отдел по образованию Пружанского района ГУО “Шерешевская средняя школа”. Запись от 11 ноября 2016 – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://shereshevo-school.pruzhanu.by/?p=13471>.
8. Белорусский православный информационный портал pravoslavie.by [д. Шерешево. Храм во имя свт. Николая чудотворца] – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pravoslavie.by/hram/d-shereshevo-hram-vo-imja-svt-nikolaja-chudotvorca>.

УДК 691.332.5

**Лопшук А. Г.**

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

## **ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ГАЗОБЕТОНА – ЭЛЕМЕНТА ГРУППЫ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ**

Жилищное строительство является одним из приоритетных направлений социально-экономического развития Республики Беларусь. Данная сфера деятельности является основным звеном в системе стимулирования прогресса не только строительного комплекса, но и смежных отраслей производства. Постоянное увеличение объемов строительства вызывает необходимость проведения специальных исследований по снижению себестоимости жилья. Решение этой задачи может быть достигнуто за счет следующих мер:

- совершенствование технологии производства;
- разработка и внедрение новых строительных материалов;
- создание и использование более точных методов расчета;
- оптимизация конструктивных систем и их параметров.

На сегодняшний день наблюдается повышенный интерес к группе легких бетонов, исходя из прочностных характеристик, области применения, химического состава и актуальности для экологического строительства. В данной работе будет рассмотрен газобетон как один из представителей легких бетонов.

Неавтоклавный газобетон состоит из качественного цементного вяжущего, инертного наполнителя и химических добавок. Материал представляет собой сыпучую смесь серого цвета. Процесс производства неавтоклавного газобетона на строительной площадке заключается в затворении водой и введении специальных добавок в сухую смесь, готовый продукт представляет собой ячеистый бетон.

Работа газобетонной смеси основана на процессе порообразования, который начинается через 20–30 минут после смешивания ее с водой и увеличивает в объеме залитый из смеси раствор в 2–3 раза. В результате из 1 тонны смеси, в зависимости от требуемой конечной плотности, получается 2–3 кубических метра массива конструкций. Плотность материала регулируется количеством воды и количеством порообразователя (он поставляется вместе со смесью в отдельных пакетиках и/или контейнерах).

Для изготовления изделий в смесителе активаторного типа в воду техническую по СТБ 1114-98 высыпают активатор порообразователя, перемешивают в течение 30 сек., добавляют смесь (из расчета на 100 кг смеси от 40 до 60 л воды) и перемешивают в течение 7 мин., затем, не выключая смеситель, добавляют порообразователь по ГОСТ 5494 и продолжают перемешивать в течение 2 мин. Приготовленный раствор заливают в заранее приготовленную опалубку или форму, учитывая, что при газообразовании объем раствора увеличится в 2–3 раза.

Особенности газобетона:

1. Экологичность. Безопасная для окружающей среды продукция. Газобетон способен «дышать» как древесина и создавать в помещении идеальный микроклимат, особенно полезный при легочных, сердечно-сосудистых и суставных заболеваниях.

2. Энергоэффективность строительства. Неавтоклавный ячеистый бетон, не требующий при использовании сложного заводского оборудования, автоклавов и пропарочных камер, с успехом может применяться в качестве монолитного непосредственно на строительных объектах.

3. Легковесность. Благодаря этой особенности, монтаж производится меньшим количеством рабочих без использования грузоподъемной техники, а это в свою очередь повышает мобильность работы на объекте.

4. Высокая противопожарная устойчивость, прочность. Газобетон не подвержен горению, нетоксичен, вследствие нагрева не производит вредных выделений.

5. Высокие тепло- и звукоизолирующие качества.

6. Благодаря ячеистой структуре газобетона, он очень слабо передает тепло, и, как следствие, не требуется использование дополнительной теплоизоляции в стенах и полах. Газобетон поглощает звук, не отражая его от своей поверхности, в отличие от кирпичных стен и обычного бетона.

7. Экономичность:

- уменьшение расходов на тепло- и звукоизоляцию помещений;
- короткие, прогнозируемые сроки строительства;
- сокращение издержек на электричество, которое расходуется на производство газобетона;
- экономия на грузоподъемной технике;
- небольшие трудозатраты, за счет сокращения штата работников;
- всесезонное строительство, никаких усадок, благодаря чему появляется возможность проводить чистовую отделку сразу после строительства;
- низкая стоимость составляющих газобетона [1].

В данной статье будут рассматриваться 4 состава газобетона, в которых будет учтена вариативность плотностей. Плотность газобетона помечается маркой D. К примеру, марка D500 означает, что 1 м<sup>3</sup> газобетона будет весить 500 кг (определяет массу массива в 1 куб). Разновидности состава газобетона представлены на рисунке 1.

Белый цемент	Серый цемент	Белый цемент	Серый цемент
Песок	Песок	Доломитовая мука	Доломитовая мука
Доломитовая мука	Доломитовая мука	Щелочь	Щелочь
Щелочь	Щелочь	Порообразователь	Порообразователь
Порообразователь	Порообразователь	Вода	Вода
Вода	Вода		

*Первый состав      Второй состав      Третий состав      Четвертый состав*  
**Рисунок 1 – Разновидности состава газобетона**

Рассмотрим подробно некоторые из компонентов, используемых при получении газобетона.

1. Белый цемент. При разработке первого и третьего составов использовался белый цемент марки LUX прочности М500 с отсутствием добавок (Д0).

2. Песок согласно ГОСТ 8736-93, который распространяется на природный песок горных пород с истинной плотностью зерен от 2,0 до 2,8 г/см³ предназначенных для применения в качестве заполнителя тяжелых, легких, мелкозернистых, ячеистых и силикатных бетонов, строительных растворов, приготовления сухих смесей, для устройства оснований и покрытий автомобильных дорог и аэродромов.

3. Мука известняковая (доломитовая) согласно ГОСТ 14050-93. Известняковую (доломитовую) муку в зависимости от предела прочности карбонатных пород при сжатии в насыщенном водой состоянии или марки по прочности отсевов дробления по ГОСТ 8267 подразделяют на четыре класса:

- 1-й класс - прочность до 20 МПа;
- 2-й класс - прочность св. 20 до 40 МПа;
- 3-й класс - прочность св. 40 до 60 МПа;
- 4-й класс - прочность св. 60 МПа.

Известняковую (доломитовую) муку в зависимости от зернового состава подразделяют на три марки (для классов 1, 2, 3) - А, В, С и на две марки для класса 4 - А и С.

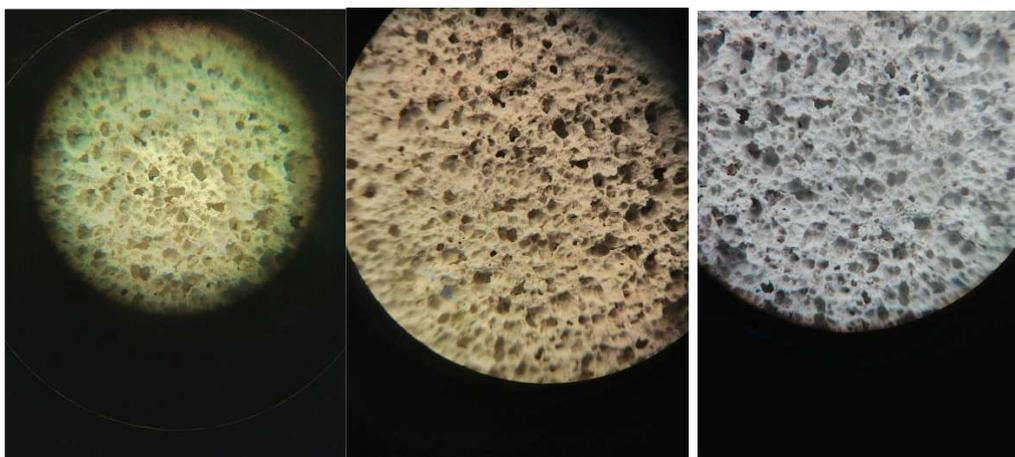
Известняковую (доломитовую) муку марки А в зависимости от массовой доли влаги подразделяют на две группы: группа 1 и группа 2.

4. Щелочь. В данном случае использовался «едкий натр».

5. Порообразователь – алюминиевая пудра или паста. Пудру изготавливают из первичного алюминия марки не ниже А5 по ГОСТ 11069 или его отходов, если по своему химическому составу они не ниже марки А5.

Пудра представляет собой высокодисперсный продукт помола алюминия серебристо-серого цвета. В настоящее время промышленностью выпускаются два вида пудр: ПАП I и ПАП II, отличающихся размером зерен. На практике пудры ПАП I, как правило, применяются для изготовления газобетона плотностью 500 кг/м³ и выше. Для газобетона пониженной плотности чаще всего используют высокодисперсную пудру ПАП II или смесь ПАП I и ПАП II в различных соотношениях.

Рассмотрим срез бетона при увеличении 0,6x14. Структурные изменения анализировали методом электронной микроскопии.



**Рисунок 2 – Срез газобетона при увеличении 0,6x14**

На снимках видно, что мелкодисперсный состав газобетона способствует формированию кристалло-гидратной структуры цемента.

В отличие от пенобетонов, поры газобетона имеют хаотический характер, что позволяет не задерживать воду и благоприятно влияет на свойства звука и теплоизоляции.

#### **Список цитированных источников**

1. Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения: материалы 6-й Международной научно-практической конференции, Минск, 26-28 мая 2010 г. / Редкол. Н. П. Сажнев (отв. ред.) [и др.]. – Минск: Стринко, 2010. – 148 с.: ил.

УДК 004.92

**Манюк Д. С., Симоник А. Н.**

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

### **ВИЗУАЛИЗАЦИЯ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ**

Цель данной работы - изучение компьютерной визуализации перспективы (аксонометрии) геометрических объемов в графическом редакторе AutoCAD.

Сложившееся классическое архитектурное образование предусматривает обязательное изучение начертательной геометрии, при этом содержательная сторона дисциплины акцентирована на средствах повышения наглядности ортогональных и трехмерных изображений (построение теней, перспектива пространства), геометрии образования сложных поверхностей. В свою очередь, смещение содержательных акцентов определяет методы овладения студентами-архитекторами графических приемов визуализации созданного проектного решения. Важно не просто задать форму как элемент пространства и согласно способу образования поверхности, но и отобразить ее с высокой степенью наглядности, используя ортогональные, аксонометрические, перспективные проекции с разделением света и тени. Геометрически обоснованное образование архитектурной формы и ее графическое отображение связаны с проектной деятельностью архитектора, что составляет стратегию обучения начертательной геометрии и графике – практическая направленность обучения в контексте будущей профессиональной деятельности на базе активных методов [1].

Результат длительного развития человеческого разума – привычная современным людям прямая линейная перспектива. Первоначально человеку понятнее плоское изображение (например, детям или некоторым представителям племён, оторванных от современной цивилизации). В зависимости от назначения перспективного изображения перспектива включает следующие виды: прямая линейная перспектива, обратная линейная, панорамная, плафонная, эллиптическая, сферическая, тональная, воздушная, перцептивная.

Рисунок развивается с самого его появления. Зародившийся в глубокой древности, имеет свою структуру, в основе которой заложены точки, линии, пятна, сейчас он состоит и из иных графических средств. Рисунок является неотъемлемой частью всей изобразительной деятельности. Он присутствует в набросках, зарисовках, в живописном полотне, в скульптурном изображении и т. д. Способность изображать является неотъемлемой частью многих творческих специальностей: художника, конструктора, архитектора и т. д.

Многие будущие архитекторы еще на стадии обучения в высшем учебном заведении забывают о важности рисунка в своей деятельности. Владение архитектурной графикой является одним из неперенных условий формирования профессионального мастерства будущих архитекторов, так как, овладев умением хорошо рисовать, будущие архитекторы будут применять свои знания в творческой деятельности и стремиться быть оригинальными.

Для архитектора важно моделировать пространство и изображать его элементы с высокой степенью наглядности, что достигается с помощью приемов построения теней и перспективных проекций, которые играют наиболее значимую роль в обучении основам визуализации замысла. Наиболее важными факторами в этих исследованиях считаются расстояние объекта до глаза наблюдателя и иллюзия глубины в конструируемом пространстве, которая создается при помощи одной или нескольких точек схода. В наше время, с развитием трехмерного компьютерного моделирования, изображение в перспективе легко создать при помощи соответствующего программного обеспечения. Эти изображения могут быть разными, выполненными в любом подходящем стиле.

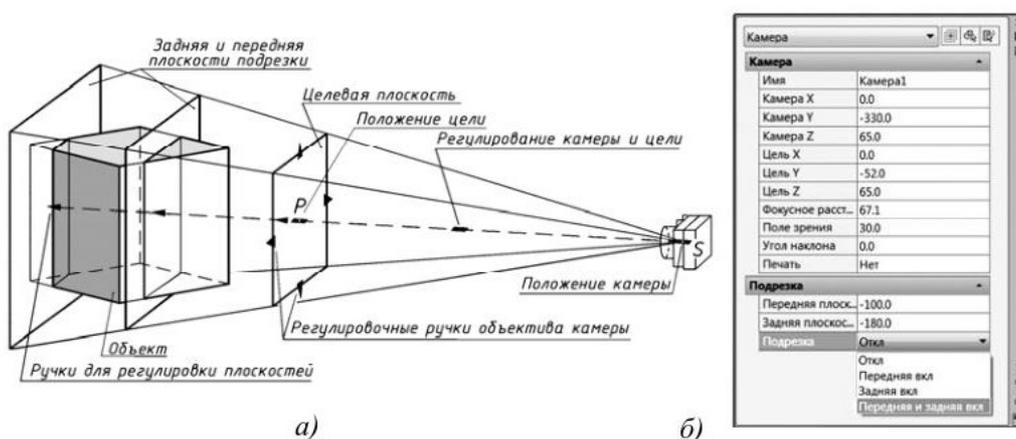
По 2d-технологии проектирование объекта осуществляется посредством построения чертежа. Компьютер выполняет лишь роль электронного кульмана. Пространственная модель присутствует виртуально “в голове проектировщика” и реализуется на завершающей стадии проектирования при создании макета объекта или его изготовлении (возведении здания). Современным и активно развивающимся направлением является 3d-технология проектирования. В ней первоначально создается виртуальная реалистичная компьютерная модель объекта. Построение чертежа выполняется на основе созданной 3d-модели на завершающей стадии проектирования и в значительной мере автоматизировано.

Перспективное изображение отражает реальный мир так, как мы его видим. Перспектива является наглядным графическим изображением зданий и сооружений и, в связи с этим, входит в графическую часть проектной документации. Перспектива в традиционном 2d-исполнении является наиболее трудоемким графическим изображением. Компьютерная 3d-визуализация в автоматическом режиме строит перспективные изображения любой сложности.

В пакете AutoCAD существуют две команды построения перспективных проекций. Обе работают по рассмотренному выше алгоритму линейной перспективы. Первая из них – команда Двид (Dview), или динамический вид, вторая команда – Камера (Camera). Она имеет современный интерфейс и на сегодня является основной. Команда имеет следующие параметры (рис. 1,а):

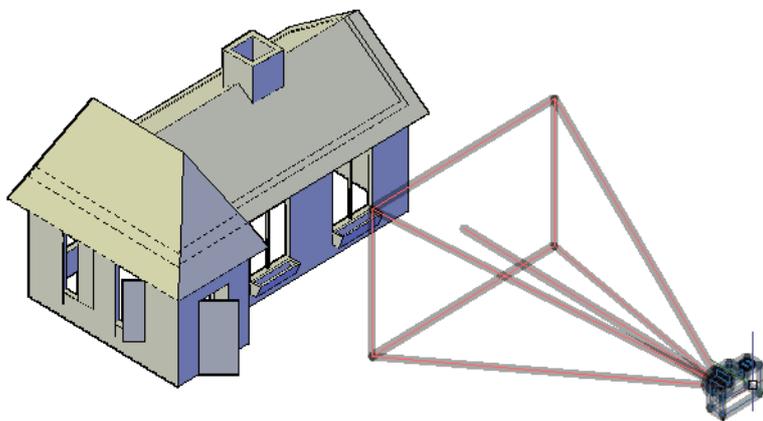
положение камеры – точка  $S$ , из которой ведется наблюдение (съемка), положение цели – точка  $P$ , фокусное расстояние объектива камеры, передняя и задняя плоскости подрезки. Перспективное изображение автоматически строится в плоскости, перпендикулярной этому лучу. Роль картинной плоскости играет видовое окно экрана компьютера. На картине отображается пространство, расположенное внутри уходящей в бесконечность пирамиды. Вершина пирамиды находится в точке  $S$ . Грани пирамиды определяются прямоугольником, расположенным в целевой плоскости. Центр этого прямоугольника находится в точке цели  $P$ .

Предусмотрены плоскости подрезки, при включении которых не отображаются объекты (или их части), расположенные внутри пирамиды перед передней и далее задней плоскостей. Плоскости можно отключить, включить отдельно каждую из них или обе одновременно. Положение плоскостей определяется расстоянием от точки цели  $P$  со знаком «+» в сторону точки  $S$  и «-» в противоположном направлении. Задняя плоскость подрезки дополнительно определяет положение границ тумана или затемнения при настройке воздушной перспективы.



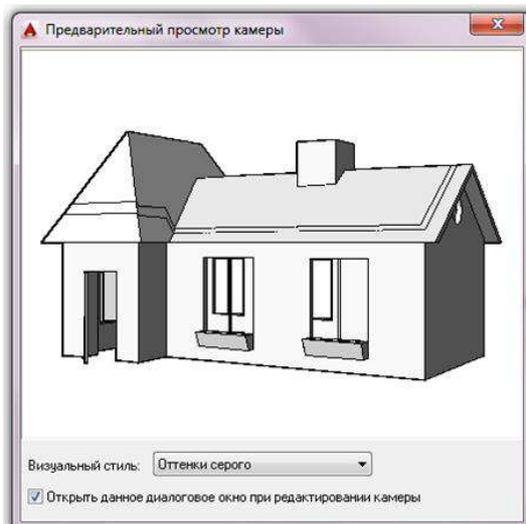
**Рисунок 1 – Параметры камеры (а) и диалоговое окно ее свойств (б)**

Создаваемые камеры автоматически (по умолчанию) именуются: Камера 1, Камера 2... (имя камеры можно изменить через окно свойств). Виды с камер сохраняются как именованные виды, которые можно вызвать на экран (рис. 1,б). Для отключения вида из камеры достаточно вызвать другой вид, например, вид спереди или сверху. Можно отключить перспективу и установить в окне аксонометрию в направлении главного луча камеры (рис. 2).



**Рисунок 2 – Построение перспективы схематизированного здания**

Наглядность перспективы возрастает, если по мере удаления объектов на изображении уменьшать их яркость и контрастность. Перспектива, обладающая этими свойствами, называется воздушной (рис. 3).



**Рисунок 3 – Предварительный просмотр камеры**

Чтобы придать перспективному изображению реалистичный вид, нужно задать освещение, создать тени, присвоить объекту свойства материалов, создать фон или туман. Современные графические пакеты, в том числе AutoCAD, обладают развитыми средствами фотореалистичной визуализации 3d-моделей [2].

На сегодняшний день возможности программного обеспечения и уровень 3d-графики настолько разнообразны и грандиозны, что даже сами архитекторы не могут порой отличить 3d фотографии от фотографий реально существующих объектов. Но это уже художественная визуализация, со своими правилами стирания границ между реальным и ирреальным. Визуализация, позволяющая создавать арт-объекты большого искусства и архитектуру будущего.

В дальнейшем полученные навыки работы в графических редакторах применяются при изучении междисциплинарных курсов профессиональных модулей, а также позволяют будущему специалисту конкурировать на рынке труда. Для того чтобы быть востребованным специалистом, необходимо следить за всеми новшествами профессии, проходить повышение квалификации, уделять внимание самообразованию.

Архитектор-визуализатор – специалист, имеющий профильное образование, ценен тем, что может взять на себя и работу архитектора и визуализатора по созданию полной 3d-концепции будущего здания или интерьера. Архитекторов, работающих в нескольких графических редакторах AutoCAD, ArchiCAD, 3d max и знающих revit, единицы. Если молодой архитектор заинтересован в карьерном росте, он просто обязан уметь работать в различных графических редакторах.

#### **Список цитированных источников**

1. Кудрявцев, А. П. Архитектурное образование: проблемы развития / А. П. Кудрявцев, А. В. Степанов, Н. Ф. Метленков, Ю. П. Волчок – 2-е изд. – М.: Едиториал УРСС, 2009. – 152 с.

2. Инженерная 3D-компьютерная графика: учебник и практикум для академического бакалавриата / А. Л. Хейфец, А. Н. Логиновский, И. В. Буторина, В. Н. Васильева; под ред. А. Л. Хейфеца. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2015. – 602 с.

## ДЛИТЕЛЬНАЯ ПРОЧНОСТЬ ГИПСОКАРТОННЫХ ЛИСТОВ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ

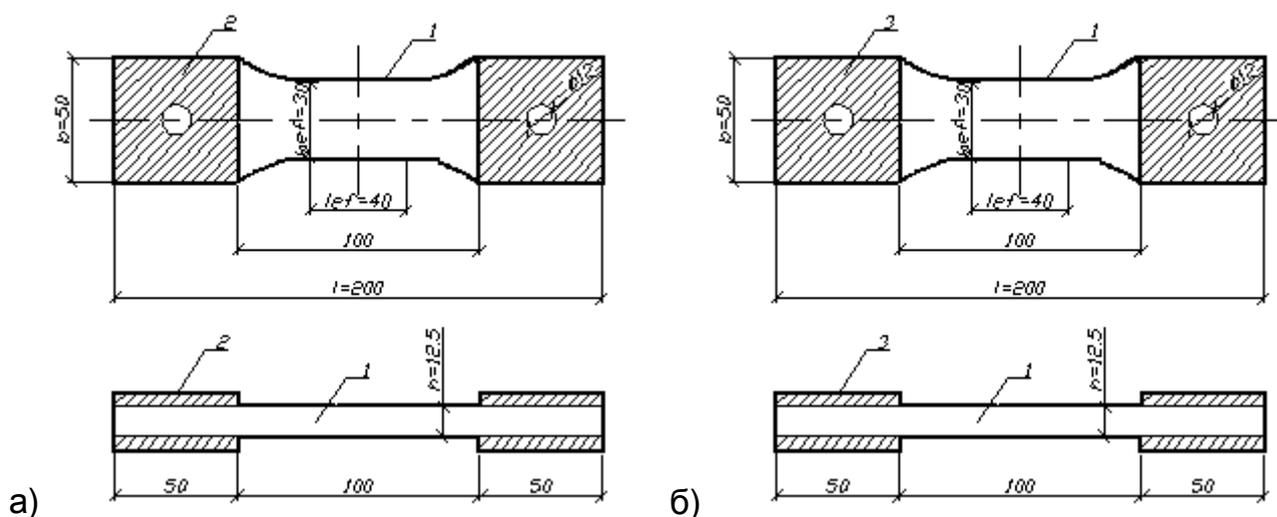
Гипсокартон – строительный материал, который широко используется в качестве отделочного и конструкционного материала [1].

Несмотря на широкое использование данного материала, как в нашей стране, так и за рубежом, до настоящего времени в нормативно-технических документах в недостаточной степени отражены значения нормируемых прочностных характеристик [2–4]. Для решения данного вопроса необходимо выполнение целого ряда экспериментальных исследований.

Целью данной работы являлось определение длительной прочности гипсокартонных листов толщиной 12,5 мм при растяжении в плоскости пласти. Для достижения данной цели были решены следующие задачи:

- выполнен анализ существующих методик определения длительной прочности для изотропных и анизотропных материалов с целью выбора и обоснования методики по определению длительной прочности гипсокартонных листов толщиной 12,5 мм;
- разработана методика определения длительной прочности гипсокартонных листов при растяжении в плоскости пласти;
- проведены экспериментальные исследования по определению значений кратковременной прочности гипсокартонных листов при растяжении в плоскости пласти;
- проведены длительные испытания образцов из гипсокартонных листов при растяжении в плоскости пласти;
- выполнена обработка и анализ полученных результатов.

**Методика проведения экспериментальных исследований.** Значения кратковременной  $f_{t,0}$  и длительной  $f_{t,0,t}$  прочности гипсокартонных листов при растяжении определялась на образцах в виде «лопаток» (рисунок 1).



1 – испытываемый образец, 2 – накладки из ДВП 50x50 мм,  
3 – картонные накладки 50x50 мм

**Рисунок 1 – Схемы образцов для кратковременных (б) и длительных испытаний (а)**

Изготовленные для испытаний образцы хранились в помещении с относительной влажностью воздуха  $65\% \pm 3\%$ . Из общего числа образцов, выпиливаемых из листа, 20 предназначались для кратковременных испытаний по определению прочности  $f_{t,0}$ , 25 образцов – для длительных испытаний по определению длительной прочности  $f_{t,0,t}$  и 3 образца использовались как контрольные при проведении длительных испытаний.

Для предотвращения разрушения образцов в зоне приложения нагрузки в образцах, предназначенных для кратковременных и длительных испытаний, на пласти были наклеены боковые накладки  $50 \times 50$  мм (рис. 1). В образцах для кратковременных испытаний накладки изготавливались из картона, а в образцах, предназначенных для длительных испытаний – из ДВП. Для крепления накладок к поверхности образцов использовался эпоксидный клей.

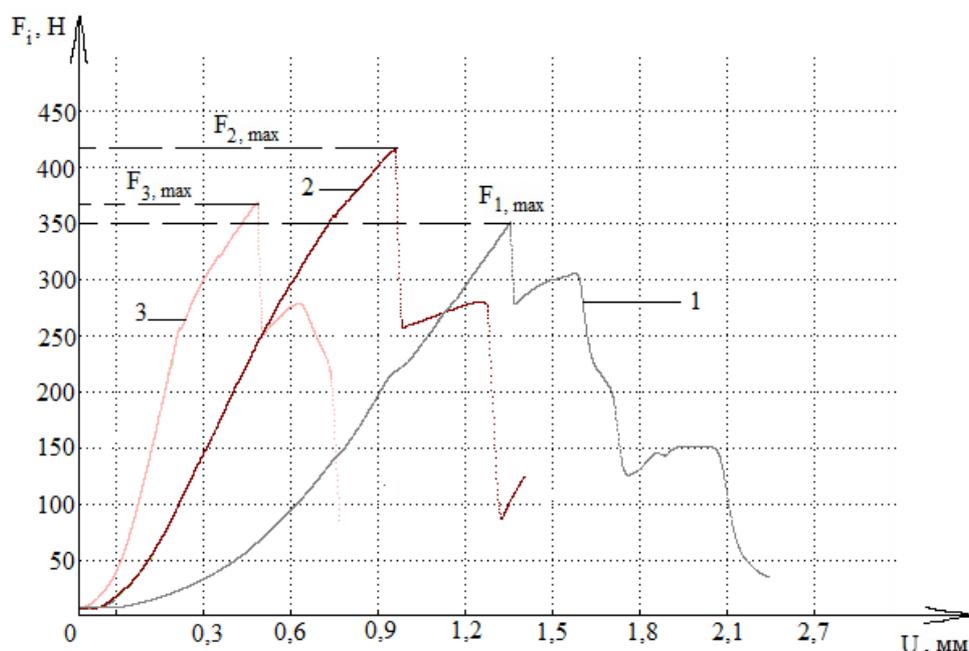
Перед испытаниями для каждого образца определялась влажность, выполнялись измерения размеров, осуществлялось их кондиционирование (выдержка в стандартных температурно-влажностных условиях). Все измерения проводились после кондиционирования испытываемых образцов. Кондиционирование образцов проводилось при стандартной температуре окружающей среды ( $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ) и относительной влажности ( $65 \pm 5\%$ ).

В процессе как кратковременных, так и длительных испытаний образцов осуществлялось измерение их деформаций по направлению прикладываемой нагрузки и времени испытаний. Деформации образцов под нагрузкой измерялись механическим способом как с использованием индикаторов часового типа с ценой деления  $0,01$  мм, так и электронного штангенциркуля ценой деления  $0,01$  мм и определялись по изменениям расстояния между маркерами, установленными на границах рабочей зоны. Маркеры устанавливались посередине ширины образца. Крепление маркеров к граням образцов осуществлялось с использованием эпоксидного клея. Расстояние между маркерами составляло  $40$  мм.

При проведении кратковременных испытаний по определению значений прочности  $f_{t,0}$  использовалась машины Quasar 25. Нагрузки образцов осуществлялось непрерывно. В процессе нагружения фиксировались время и величины деформаций в рабочей зоне образца. Нагружение образцов, при длительном действии нагрузки, осуществлялось путем подвешивания грузов необходимой массы, величина которых определялась исходя из принятого уровня напряжений. Всего было принято четыре уровня напряжений:  $0,85 \cdot f_{t,0,mean}$ ,  $0,8 \cdot f_{t,0,mean}$ ,  $0,7 \cdot f_{t,0,mean}$ ,  $0,6 \cdot f_{t,0,mean}$ . 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 образцов и их анализ**

При проведении испытаний на кратковременное действие нагрузки все образцы имели хрупкий характер разрушения. Следует отметить, что в результате испытаний образцов их разрушение происходило в два этапа. На первом этапе происходило образование нормальной к продольной оси образца трещины в гипсе трещины, сопровождающееся резким падением нагрузки до  $F_1 = (0,5-0,7) F_{max}$ . На втором этапе наблюдалось увеличение нагрузки на  $10\%$  от  $F_1$  с последующим разрывом картона. Данные этапы хорошо наблюдаются на диаграммах деформирования образцов №1, 2, 3 гипсокартона (рис. 2). За разрушающую нагрузку образца принималось  $F_{max}$ .



1 – для образца №1; 2 – для образца №2; 3 – для образца №3  
**Рисунок 2 – Диаграммы деформирования образцов гипсокартона при растяжении в плоскости листа**

В результате кратковременных испытаний было установлено, что вместе с прочностью изменяется и величина предельных деформаций.

В результате статистической обработки полученных значений  $f_{t,0}$  кратковременной прочности среднее значение прочности гипсокартона для 20 образцов  $f_{t,0,mean} = 0,643$  МПа, среднеквадратичное отклонение  $\sigma = 0,101$  МПа, коэффициент вариации  $v = 15,721\%$ , средняя ошибка  $m = 0,023$  МПа, а показатель точности  $P = 3,515\%$ . Из полученных результатов испытаний следует, что при среднем значении прочности  $f_{t,0,mean} = 0,643$  МПа ее минимальное и максимальное значения составляют соответственно  $f_{t,0,max} = 0,711$  МПа и  $f_{t,0,min} = 0,576$  МПа. Таким образом, при назначении планируемого уровня напряжений от среднего значения прочности  $f_{t,0,mean}$ , можем получить фактически для образцов с меньшей прочностью уровень напряжений больше планируемого, а для образцов с повышенной прочностью – уровень напряжений ниже планируемого.

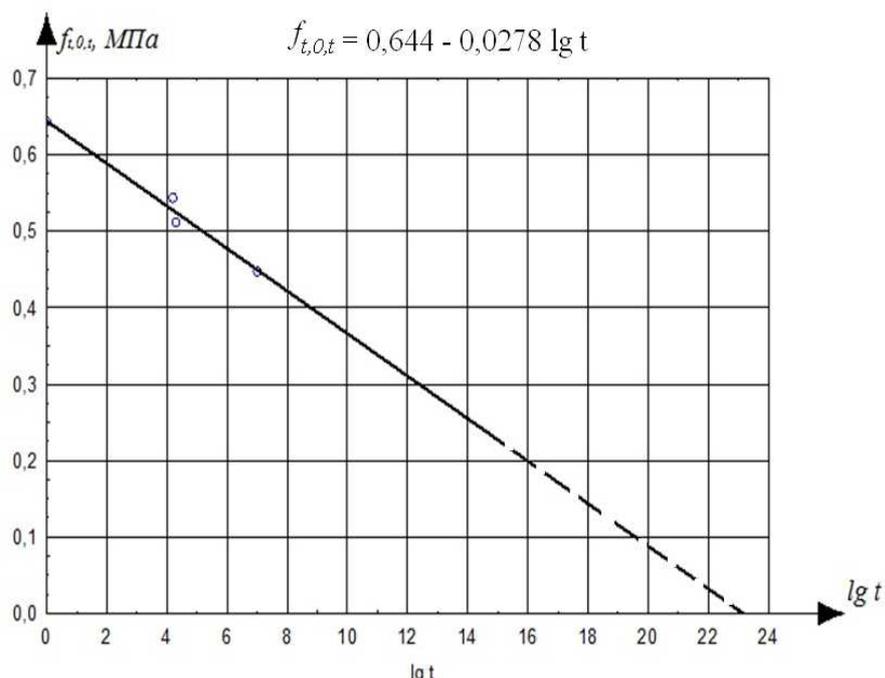
В результате длительных испытаний образцов было установлено, что величины долговечности  $t$  подвержены значительным колебаниям, как и значения прочности образцов гипсокартона при кратковременных испытаниях. Причиной значительного рассеивания долговечности  $t$  является относительно большой разброс  $f_{t,0}$ .

В результате статистической обработки данных, полученных при испытании образцов на действие длительной нагрузки, было установлено, что изменение длительной прочности  $f_{t,0,t}$  гипсокартона от среднего значения логарифма продолжительности испытания может быть представлено уравнением (1).

$$f_{t,0,t} = 0.644 - 0.0278 \cdot \lg t, \quad (1)$$

где  $t$  – время, с.

Графические представления уравнения (1) приведено на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Зависимость между прочностью гипсокартона и логарифмом долговечности при растяжении в плоскости пласти**

**Заключение.** На основании проведенного исследования длительной прочности гипсокартонных листов при растяжении в плоскости пласти установлено, что разрушение образцов имело хрупкий характер и сопровождалось значительным разбросом показателей прочности и долговечности.

Расчетное значение прочности гипсокартона при действии постоянной нагрузки определяется по формуле (2).

$$f_{t,d} = f_{t,k} / \gamma_M \cdot k_{mod}, \quad (2)$$

где  $f_{t,k}$  – характеристическое значение прочности гипсокартонных листов при растяжении в плоскости листа;

$\gamma_M$  – частный коэффициент свойства материала;

$k_{mod}$  – коэффициент модификации, определяемый уравнением (3).

$$k_{mod} = 1.003 - 0.043 \lg t. \quad (3)$$

#### Список цитированных источников

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.knauf.ru/catalog/complete-systems/partitions/>
2. DIN EN 1995-1-1/NA:2010-12: Nationaler Anhang –National festgelegte Parameter – Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau, NABau im DIN, 2012. – 99 S.
3. Timber structures. Calculation and verification of characteristic values SS EN 14358:2016. – Swedish Standards Institute, Stockholm, Sweden, 2016. 17 p.
4. Еврокод 5. 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. – 106 с.
5. Плиты гипсовые строительные : ГОСТ 32614-2012/EN 520:2009. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 24 с.

УДК 502.17:005.7(476)

*Михайлова Н. В.*

*Научный руководитель: к. т. н., доцент Кисель Е. И.*

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

Проблема управления природоохранной деятельностью приобрела статус одной из самых приоритетных и острых проблем, стоящих перед человечеством. Достаточно сложно одновременно сохранять темпы экономического роста и минимизировать негативные последствия антропогенного воздействия на природу.

Целью внедрения экологического менеджмента является минимизация негативных последствий строительной деятельности на окружающую среду, достижение высокого уровня экологической безопасности процессов производства и потребления выпускаемой предприятием продукции и оказываемых услуг. При этом реализация данных задач должна быть согласована с достижением организацией других его приоритетных целей, включая обеспечение текущей и долгосрочной конкурентоспособности. Концепция внедрения экологического менеджмента подчеркивает тот факт развития современной экономики, что строительство наделено не только экономической миссией, но и несет социальную ответственность.

Экологический менеджмент в строительстве должен быть направлен, в одно и то же время, на управление, а также на эффективное использование природных ресурсов. С другой стороны, он должен быть ориентирован на анализ деятельности человека, демографических и социальных процессов искусственных и природных объектов.

Сфера строительства считается объектом повышенного риска, значит, экологический менеджмент в данной отрасли должен быть направлен на обеспечение абсолютной безопасности как для природы, так и работающих в данной отрасли людей.

Энергоэффективность объектов в нашей стране все еще рассчитывается из национальных норм и действующей нормативно-технической базы, отличной от международных параметров, и по сути учитывает удельное потребление тепловой энергии объектом, при этом даже данный показатель рассчитывается на момент ввода объекта в эксплуатацию, а не за период всего жизненного цикла задания. А популярный стандарт серии ISO 14001-2017 «Системы управления (менеджмента) окружающей среды. Требования и руководство по применению», используемый для внедрения и поддержания на предприятиях системы экологического менеджмента, ориентирован не на количественные параметры, а на процессную модель. Таким образом, встает вопрос о количественных и качественных параметрах, на которые должно ориентироваться предприятие при внедрении системы экологического менеджмента.

Эксперты национальной строительной отрасли с нетерпением ожидают появления технического регламента «Энергоэффективность зданий», полагая, что это исправит ситуацию и стимулирует финансирование и льготное кредитование в области энергоэффективного строительства, обеспечит развитие альтернативной энергетики в нашей стране и позволит увеличить долю возобновляемых источников в общем объеме энергопотребления.

Однако на текущий момент популярность экологического строительства в Беларуси не высока. К основным барьерам развития данного направления относят высокую себестоимость данных проектов, общую технологическую и экономическую неготовность субъектов хозяйствования к данным подходам, низкую осведомленность общества о проблемах, связанных с окружающей средой, а также неэффективную систему ЖКХ и перекрестное субсидирование в ЖКХ.

Так при возведении экозданий применяются новейшие инженерные системы, при этом стоимость квадратного метра выше, чем при традиционном подходе в среднем на 10%.

Неготовность субъектов хозяйствования к применению экологического строительства в целом включает как национальных производителей материалов и строительные организации, так и эксплуатирующие организации. Данный факт связан с низким общим технологическим уровнем субъектов хозяйствования, охватывающим менеджмент, маркетинг, производство, экономику, экологическую политику, управление персоналом и прочие сферы предприятия.

Низкая осведомленность общества о проблемах, связанных с окружающей средой, напрямую влияет на эффективность внедрения на местах принципов «зеленой» экономики, никакие экологические нормы не будут работать в полном объеме, пока они не понятны и не интересны человеку и обществу в целом.

Строительное предприятие, построившее систему экологического менеджмента, наряду с текущим контролем и измерениями отдельных экологически важных процессов, должно проводить постоянную проверку совокупности всех составляющих этой системы. С помощью аудита системы проверяется:

- правильным ли образом система была внедрена на предприятии, а в дальнейшем будет ли должным образом поддерживаться;

- выполняются ли предприятием нормативные требования, предъявляемые нормой СТБ ISO 14001-2017 «Системы управления (менеджмента) окружающей среды. Требования и руководство по применению» к системе экологического менеджмента;

- достаточно ли эффективно эта система поддерживает осуществление предприятием экологических задач и улучшение экологических результатов.

Экологический менеджмент применяется не как разовый неупорядоченный метод, а на постоянной основе и с периодическим контролем. Деятельность каждого отдельного сотрудника ежедневно влияет на экологию и поэтому подлежит тщательному анализу, причем следует учитывать все экологические аспекты этой деятельности. Добровольность экологического менеджмента является условием для полного понимания каждым участником экологических аспектов и достижения реального улучшения экологической обстановки на предприятии.

Внедрение системы экологического менеджмента будет способствовать постепенному улучшению экологических характеристик деятельности предприятий путем:

- разработки и реализации экологической политики и экологических программ, контроля;

- периодической объективной и систематической оценки параметров деятельности всех подразделений предприятия;

- предоставления населению экологической информации о предприятии.

Принимая решение в пользу разработки и внедрения такой системы, руководители исходят как из ее преимуществ с финансовой точки зрения (экономия ресурсов и средств, повышение эффективности производства, развитие потенциальных возможностей на рынках), так и рисков, связанных с неадекватным отношением к экологическим аспектам работы предприятия, которое система позволит в корне изменить (аварии; санкции регулирующих органов, затруднения в привлечении новых, в первую очередь зарубежных, инвесторов и клиентов, в получении банковского кредита, потеря рынков и т. п.).

Внедрение системы экологического менеджмента на предприятии открывает перед ним новые возможности, такие как экономия финансовых средств, эффективное производство, рыночный потенциал. Наряду с этим эффективный, систематически применяемый экологический менеджмент вносит атмосферу доверительности в отношения со всеми заинтересованными в его деятельности сторонами, будь то органы власти или общественность. Если методы экологического менеджмента не внедряются, то, наоборот, возникают риски в результате недостаточности или неадекватности контроля за воздействием производственной деятельности на экологию. Возможными последствиями могут быть аварии, повышенные налоги и отчисления, усиленный контроль со стороны властей и потеря рынков сбыта.

#### **Список цитированных источников**

1. Системы управления (менеджмента) окружающей среды. Требования и руководство по применению : СТБ ISO 14001-2017 – Введ. 11.04.2017. – Минск: Госстандарт, Минск: БелГИСС, 2017. – с. 30.

2. Сертификация зданий по энергоэффективным стандартам в Беларуси. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://leed.by/>. – Дата доступа: 22.12.2018.

3. Студенческая библиотека онлайн. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://studbooks.net/> – Дата доступа: 22.12.2018.

4. Научно-методический отдел методологии качества и системного менеджмента – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://quality.by/> – Дата доступа: 20.10.2018.

5. Неверов, А. В. Экологический менеджмент: учеб.пособие для студентов специальности «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» / А. В. Неверов, Л. Н. Мороз, В. Н. Марцуль – Минск: БГТУ, 2005.

УДК 666.97.0.33.4

*Мишкевич Е. Д., Ткачук С. В.*

*Научный руководитель: профессор Кондратчик А. А.*

## **МЕХАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ АРМАТУРЫ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ С ПОМОЩЬЮ МУФТ**

Целью настоящей работы является изучение особенности работы стыкового соединения стержней арматуры механическим способом при помощи муфт.

Предметом анализа является наличие информации для применения таких соединений на территории Республики Беларусь.

Объектом исследования определена работа механического соединения арматуры с помощью муфт.

ТКП EN 1992-1-1-2009, Eurocode 2 «Проектирование железобетонных конструкций» [1] разрешает использовать соединение стержней продольной ар-

матуры на сварке (ванная одноэлектродная в инверторной форме, дуговая ручная с накладками из стержней), на муфтах (обжимные, резьбовые) и внахлест. В то же время, согласно п. 7.3.3 ТКП 45-1.03-314-2018 [2] соединение внахлест рабочей вертикальной арматуры диаметром от 20 мм до 40 мм не допускается. Такие соединения следует выполнять механическим способом с использованием муфт по СТБ 2152-2010 [3]. Однако конструктивные требования по использованию такого соединения (процент соединения стержней в одном сечении, защитный слой бетона для муфт, расстояния между муфтами в плане и по длине стержней, расстановка поперечной арматуры в зоне стыка), в нормативных документах Республики Беларусь отсутствуют.

Поэтому у проектировщиков возникают следующие вопросы: Почему ТКП EN 1992-1-1-2009 «Еврокод 2» [1] допускает стыковку арматуры внахлест, на сварке, на муфтах, а ТКП 45-1.03-314-2018 [2] разрешает для арматуры диаметром 20...40 мм только на муфтах? Возможно ли применять обжимные муфты вместо резьбовых? Каким должен быть защитный слой бетона на участке установки муфт?.

Практика использования муфт для соединения стержней арматуры имеет более чем сорокалетнюю историю, а результаты свидетельствуют об экономической эффективности.

Примеры использования механических соединений с помощью муфт в США, Канаде, Бразилии, Португалии, Китае, России весьма разнообразны и охватывают все виды объектов с использованием монолитного бетона при изготовлении элементов объектов, воспринимающих как статическую, так и динамическую нагрузку, таких как:

- 1) высотные здания (США, Китай);
- 2) метро (Великобритания);
- 3) стадион (Канада);
- 4) тоннели (Португалия);
- 5) бункера (США);
- 6) электростанция (Бразилия);
- 7) терминал аэропорта (Сингапур);
- 8) объекты атомных станций (Россия) и т. д.

В Республике Беларусь имеется ряд объектов, на которых было выполнено соединение стержней арматуры муфтами, например, «Многоуровневый гараж-стоянка на 300 мест» на пересечении ул. Выготского и ул. Проектируемой (г. Минск); «станция метро «Жуковского»» и т. д. Приоритет на этих объектах был отдан обжимным муфтам. Примечательно, что на объекте «Гостинично-деловой комплекс» на пр. Победителей (г. Минск) были предусмотрены муфты с конической резьбой по СТБ 2152-2010 [3], которые были заменены на обжимные муфты, что, по утверждению производителя работ, сократило время строительства. Основанием для замены муфт с конической резьбой на обжимные муфты стала высокая стоимость работ по нарезке резьбы на стержнях арматуры и сама стоимость муфт с конической резьбой.

Обжимные муфты, изготавливаемые из толстостенной трубы по ГОСТ 8734, имеют длину от 160 до 300 мм в зависимости от диаметра арматуры и используются для стыковки стержней арматуры диаметром 16...40 мм класса А400, А500С и А600 [4]. В Республике Беларусь СТБ 2152-2010 [3] на изготовление муфт с конической резьбой определяет более узкую область применения арматуры диаметром 16...40 мм, только класса S500 по СТБ 1704.

Длина муфт этой модификации составляет 60...160 мм, т. е. в 2.66...1.87 раза меньше. Это свидетельствует о необходимости комплексного анализа применения муфт для механических соединений арматуры.

Механические соединения классифицируются: по условиям работы (растяжение, сжатие); по назначению (стандартные-стыковые, переходные, позиционные, привариваемые); по способу соединения (резьбовые, отпрессованные, комбинированные, винтовые, на болтах).

Использование механического соединения стержней арматуры с помощью муфт [3] предполагает:

1. Восприятие статических, динамических, повторно-переменных сжимающих растягивающих усилий;

2. Стержни арматуры класса S500 диаметром от 16 до 40 мм по СТБ 1704;

3. Достижение временного сопротивления соединения арматуры с муфтой не менее нормативного временного сопротивления стыкуемой арматуры;

4. Деформативность соединения не более 0.1 мм при напряжении в арматуре равном, 300 МПа.

5. Химический состав материала муфты (сталь или сплав) должен обеспечивать достижение напряжений, соответствующих его усталостной прочности и нормативного значения усталостной прочности стыкуемой арматуры.

Очевидно, что в каждом конкретном случае определения способа соединения стержней следует учитывать не только стоимость, трудоемкость, необходимость специального оборудования, квалификацию сотрудников, но и возможность реализации. Кратко остановимся на них.

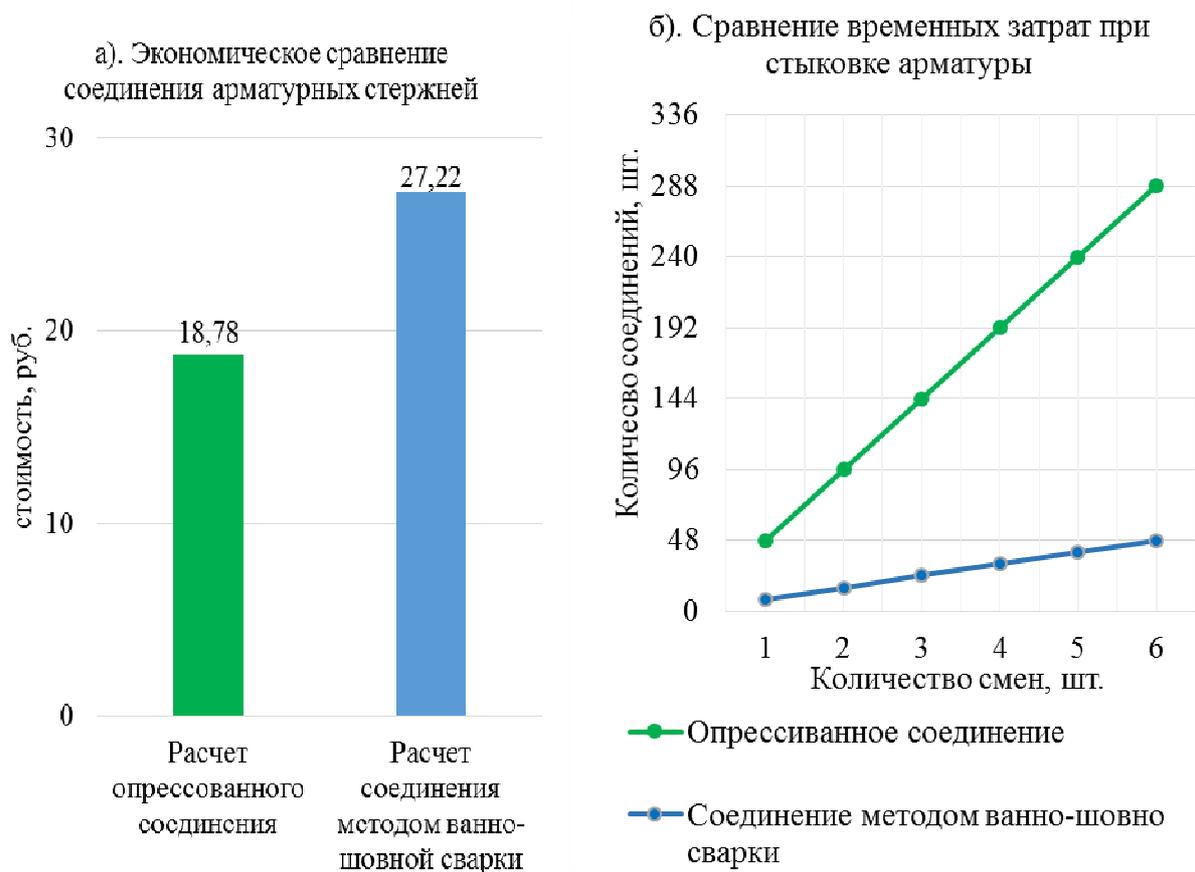
Использование при соединении нахлеста (перепуска) стержней с учетом условий работы и количества стыков арматуры диаметром от 10 до 40 мм на длине стыкуемых элементов, равной 6.0 м, приводит к потере длины стержней от 3.5 % до 27% [5]. Следует отметить, что в эти потери не входит дополнительный расход поперечной арматуры на участках стыка. Для конструкций, имеющих небольшие размеры поперечного сечения, сокращается объем бетона в сечении стыка, что может потребовать увеличения общих размеров сечения и дополнительного расхода бетона.

В России нормами [8] допускается увеличение процента армирования сечения до 10% на участках, где выполняются соединения стержней арматуры внахлест. В нормах нашей республики [9] этот вопрос не рассматривается.

Применение ванно-шовной сварки требует обязательного контроля качества неразрушающими методами (например, ультразвуковой дефектоскопии), что ведёт к удорожанию работ и необходимости наличия оборудования.

Нами было выполнено экономическое сравнение соединения арматурных стержней по стоимости и затратам времени методом механического соединения арматуры соединительными муфтами по СТБ 2152-2010 [3] (вариант № 1) и методом ванно-шовной сварки по ГОСТ 14098-2014 [7] (вариант № 2). На рисунке 1 представлены результаты сравнения.

По варианту №1 учтены: стоимость муфт (032), оборудование, затраты электроэнергии, заработная плата монтажников. По варианту № 2 учтены: стоимость скобы накладки (032), электродов, электроэнергии, контроля качества, заработной платы электросварщика (5–6 разряд). Стоимость одного соединения составила по варианту № 1 – 18.78 руб., а по варианту № 2 – 27.22 руб., то есть на 31% выше, а продолжительность работ больше в 6 раз (48 соединений по варианту №1 и 8 соединений по варианту № 2).



- 1 – соединение на ванной сварке по ГОСТ 14098-2014;  
 2 – соединение механическим способом методом прессовки соединительных муфт по СТБ 2152-210

**Рисунок 1 – Сравнение стыковых соединений арматурных стержней по стоимости (а) и по трудоёмкости (б)**

Казалось бы, налицо преимущество механических соединений с помощью муфт, однако исследования, выполненные в лаборатории проблем прочности и качества в строительстве соединений арматуры класса А500 НИИСФ РААСН [6], показали ряд особенностей, которые следует учитывать при проектировании: прочностные характеристики муфтовых соединений зависят от характеристик муфт, определяемых на стадии сертификации и качества работ на строительной площадке, требуется дополнительное армирование поперечными стержнями на участке соединения. Примечательно, что для чистоты эксперимента подготовку соединения для испытаний осуществляли представители фирм, поставляющие муфты в РФ (на рынке в РФ используют муфты зарубежных фирм, таких как Erico, Dextra, Hebei Yada и др.). Испытания были выполнены по так называемой диаграммной методике определения прочности и деформативности соединения, суть которой заключается в том, что сравниваются диаграмма деформаций стыкового соединения и целого стержня, а база измерений стыкового соединения принимается равной длине муфты плюс два диаметра арматуры. Результаты испытаний указали на необходимость учёта в расчёте коэффициента условий работы, который должен определяться на стадии сертификации муфт. Так, коэффициент снижения прочности стыкового соединения составляет 0.87...0.97 (муфты фирмы Erico), 0.75...0.82 (муфты фирмы Dextra) и 0.65...0.88 (муфты фирмы Hebei Yada).

Здесь приведены результаты испытания стыковых соединений, которые готовились (нарезалась резьба на стыкуемые стержни в условиях строительной площадки) специалистами строительной организации. При выполнении этих работ специалистами фирм, чьи муфты использовались для соединения, коэффициенты значительно ниже – в пределах 0.95...0.99. Это указывает на необходимость и специфику оперативного контроля качества работ непосредственно на строительной площадке, обязывает к формулированию требований к применяемому оборудованию, а также подтверждается характером разрушения соединения, а именно: соединения с муфтами фирмы «Erico» разрушались и от выдёргивания арматуры; с муфтами фирмы «Dextra» – от разрыва арматуры у контура торца муфты; с муфтами фирмы «Hebei Yada» – от разрыва арматуры вне зоны соединения.

Анализ условий применения механического соединения арматуры на муфтах [3, 4, 5, 6, 7] позволил сформулировать ряд требований конструктивного характера, рекомендуемых к использованию на территории Республики Беларусь:

1. В одном сечении допускается соединения не более 50% арматурных стержней.

2. Расстояние между сечениями со стыковыми соединениями по высоте конструкции должно быть не менее  $0.5 \cdot l_{\text{вд}}$  и не менее  $4 \cdot l_{\text{м}}$  (где  $l_{\text{вд}}$  – длина анкеровки стыкуемой арматуры,  $l_{\text{м}}$  – длина муфтового соединения).

3. Муфту механического соединения должны охватывать не менее двух поперечных стержней, а расстояние до ближайшего следующего поперечного стержня каркаса должно быть не более  $10\phi_{\text{с}}$  (где  $\phi_{\text{с}}$  – диаметр стыкуемой арматуры).

4. Расстояние в свету между муфтами в сечении со стыковым соединением должно быть не менее  $1.5\phi_{\text{м}}$ ,  $2\phi_{\text{с}}$ ,  $25 \text{ мм}$  (где  $\phi_{\text{м}}$  – диаметр муфты,  $\phi_{\text{с}}$  – диаметр стыкуемой арматуры).

5. Защитный слой бетона по отношению к поверхности муфты определяется с учетом агрессивности среды эксплуатации, не менее требуемого защитного слоя для поперечной арматуры, охватывающей муфту.

6. Необходимо продумать как систему контроля качества производимых на строительной площадке работ по устройству стыковых соединений с помощью муфт, так и методику подготовки (переподготовки) специалистов в этой области.

В дальнейшем планируется комплекс экспериментальных исследований механических соединений на муфтах.

#### Список цитированных источников

1. Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций : ТКП EN 1992-1-1-2009 – Часть 1. Общие правила и правила для зданий. – Минск: Минстройархитектуры РБ, 2009 – 191 с.

2. Возведение строительных конструкций, зданий и сооружений. Основные требования : ТКП 45-1.03-314-2018. – Минск: Минстройархитектуры РБ, 2018 – 123 с.

3. Муфты с конической резьбой для механического соединения арматуры для железобетонных конструкций. Технические условия : СТБ 2152-2010. – 5 с.

4. Рекомендации по механическим соединениям арматурной стали для железобетонных конструкций : РА-10-1-04. – М.: Ассоциация «Железобетон», 2009. – 39 с.

5. Мадатян, С. А. Современные материалы и технологии арматурных работ // Бетон и железобетон. – 2016. – № 3. – С. 12–17.

6. Karpenko, S. N. Deformability and Strength Determining of Coupling Fittings of Steel Reinforcement in the Reinforced Concrete Structures / S. N. Karpenko, V. I. Travush, I. G. Chepyzubov // Procedia Engineering. – 2015. – P. 398–403.

7. Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры : ГОСТ 14098-2014. – Минск: Госстандарт, 2017. – 18 с.

8. Железобетонные монолитные конструкции зданий : СП 52-103-2007. – М., 2007. – 18 с.

9. Бетонные и железобетонные конструкции : СНБ 5.03.01-02 – Минск: Минстрой-архитектуры РБ, 2003. – 139 с.

УДК 624.012.4

**Мойсеянчик Д. А.**

**Научный руководитель: Воскобойников И. С.**

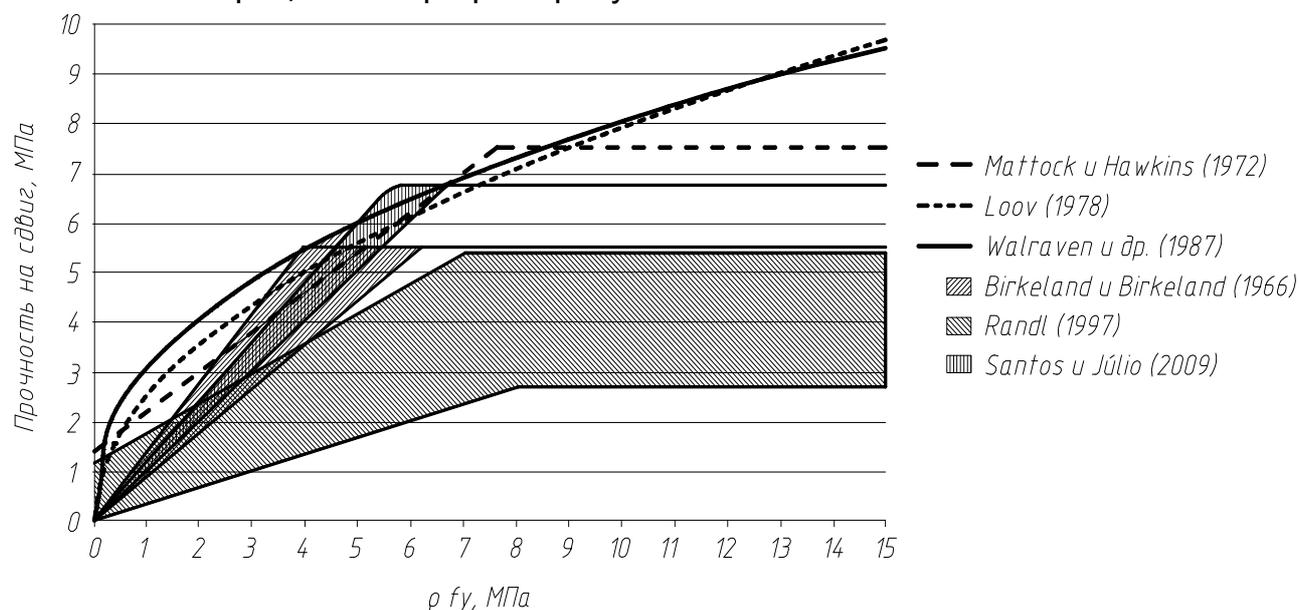
## «ФРИКЦИОННЫЙ СДВИГ» ПЛОСКИХ КОНТАКТОВ – 50 ЛЕТ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ

Впервые предложенная в 1966 году теория «фрикционного сдвига» (англ. «shear-friction theory») была официально принята во все нормы проектирования, предоставляя возможность для анализа стыковых соединений в сборно-монолитных конструкциях. В последние десятилетия было предложено учитывать некоторые важные факторы, позволяющие увеличить точность расчетов и область применения данной теории. Среди них можно отметить учёт прочности и плотности бетона, а также нагельный эффект поперечной арматуры.

Теория «фрикционного сдвига» предполагает, что механизм восприятия сдвиговых напряжений в контактах, подверженных взаимному действию сдвига и сжатия, обеспечивается только за счет сил трения.

Проведенный литературный обзор преследует целью определить вклад различных исследователей при оценке продольных напряжений сдвига в контактах типа «бетон-бетон» за последние 50 лет и показать некоторые контрольные этапы развития теории. Наибольшую значимость в этих этапах стало включение в рассмотрение новых параметров, механизмов передачи нагрузки, методик оценивания.

Можно выделить шесть основных ценных достижений и провести их сравнение иллюстрацией на графике рисунка 1.



**Рисунок 1 – Сравнение расчетных зависимостей**

Анализ расчётных зависимостей, полученных из опубликованных работ, показывает, что механизм передачи среза контактами типа «бетон-бетон» основывается на сцеплении, трении и нагельном эффекте. Под последним часто в неявной форме подразумевают «замаскированные» эффекты от сцепления и/или трения.

Можно с уверенностью полагать, что степень шероховатости оказывает существенное влияние на прочность контактов типа «бетон-бетон». Это ключевой параметр, который учитывается расчётными зависимостями в виде коэффициентов сцепления и/или трения. Эффект зависит от способа подготовки поверхности и количественно оценивается её визуальным осмотром.

Стоит так же упомянуть, что предел текучести поперечного армирования, применяемого в экспериментальных работах за последние 50 лет, менялся. Так, в первых работах, написанных в 1960-х годах, применялась арматура с пределом текучести 275 МПа. Позже, в 1970-х наиболее часто использовались стержни с 475 МПа. Современные работы проводятся с применением поперечной арматуры с 550 МПа.

Основная разница между современными нормами проектирования как Америки, так и Европы связана с классификацией степеней шероховатости поверхностей контактов, а именно: очень гладкой, гладкой, шероховатой, сильно шероховатой. Каждому из типов из данной классификации соответствуют свои коэффициенты сцепления и трения.

Следует подчеркнуть тот факт, что хоть составные железобетонные сечения и включают как минимум два слоя бетонов разного времени укладки, проанализированные расчётные зависимости не учитывают влияния условий твердения бетонов и их различную прочность. Поэтому можно заключить, что различие в усадке и жесткости слоёв бетона в этих уравнениях упущена. Требуются более полные исследования для оценки влияния обоих параметров на поведение контактов типа «бетон-бетон».

#### **Список цитированных источников**

1. Birkeland, P. W. Connections in precast concrete construction / P. W. Birkeland, H. W. Birkeland // J. Am. Concr. Inst., 1966 – P. 345–368.
2. Hofbeck, J. A. Shear transfer in reinforced concrete / J. A. Hofbeck, I. O. Ibrahim, A. H. Mattock // J. Am. Concr. Inst., 1969 – P. 119–128.
3. Mattock, A. H. Shear transfer in concrete having reinforcement at an angle to the shear plane // American Concrete Institute. Special Publication 42-2, January 1974 – P. 17–42.
4. Mattock, A. H. Cyclic shear transfer and type of interface // ASCE J. Struct. Div., 1981 – P. 1945–1964.
5. Walraven, J. Influence of concrete strength and load history on the shear friction capacity of concrete members / J. Walraven, J. Frenay, A. Pruijssers // PCI J., 1987 – P. 66–84.
6. Randl, N. Investigations on transfer of forces between old and new concrete at different joint roughness // PhD thesis, University of Innsbruck, 1997. – 379 p.
7. Mattock, A. H. Shear friction and high-strength concrete // ACI Struct. J. – 2001. – № 98(1). – P. 50–59.
8. Papanicolaou, C. G. Shear transfer capacity along pumice aggregate concrete and high-performance concrete interfaces / C. G. Papanicolaou, T. C. Triantafillou // Mater Struct. – 2002. – № 35(4). – P. 237–245.
9. Gohnert, M. Horizontal shear transfer across a roughened surface // Cement Concr. Compos. – 2003. – № 25(3). – P. 379–385.
10. Santos PMD, Júlio ENBS. Factors affecting bond between new and old concrete // ACI Mater. J. – 2011. – № 108(4). – P. 449–456.
11. Santos PMD, Júlio ENBS. Recommend improvements to current shear-friction provisions of model code. In: 3rd fib international congress, Washington, DC, May 29–June 02, 2010.
12. Model Code 2010. First complete draft – Vol. 2. Comité Euro-International du Béton, Secretariat Permanent, Case Postale 88, CH-1015 Lausanne. – Switzerland, 2010. – 312 p.

## **КОНЦЕПЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ УМНОГО УСТОЙЧИВОГО ГОРОДА «СИМБИОСИТИ–БРЕСТ»**

Правительством Республики Беларусь в декабре 2016 года был принят Национальный план действий по развитию «зеленой» экономики. Приоритетными направлениями развития «зеленой» экономики названы реализация концепции «умных городов», развитие электротранспорта (инфраструктуры) и городской мобильности; развитие строительства энергоэффективных жилых домов и повышение энергоэффективности жилищного фонда; снижение энергоёмкости ВВП, повышение энергоэффективности; повышение потенциала использования возобновляемых источников энергии; создание условий для производства органической продукции; устойчивое потребление и производство; развитие экологического туризма [1]. Стратегической целью реализации плана является повышение качества жизни населения на основе роста конкурентоспособности экономики, привлечения инвестиций и инновационного развития.

Одним из мероприятий по реализации Национального плана действий по развитию «зеленой» экономики является разработка концепции умного устойчивого города «СимбиоСити» на примере Бреста. В сентябре 2018 года концепция «СимбиоСити–Брест–2050» была утверждена решением Брестского городского Совета депутатов в качестве долгосрочной стратегии устойчивого развития областного города [2].

«СимбиоСити» – это передовая шведская модель комплексного городского развития, которая включает в себя создание комфортной среды проживания, оптимизацию транспорта, переработку отходов, озеленение городских территорий и другие проекты. Концепция «СимбиоСити» представляет собой интегрированный комплексный подход к планированию городской инфраструктуры с учетом экологических условий. Основная идея этой концепции заложена в ее названии: Symbiosis – «симбиоз» и City – «город». В контексте развития современного города – это интеграция большинства отраслей городского хозяйства в одну комплексную систему, позволяющую получить максимальный суммарный эффект-синергию. Это комплексное инфраструктурное решение, начиная от планировки города, улиц, парков, скверов и заканчивая экономичной и эффективной эксплуатацией систем ЖКХ, сбора и вывоза бытовых отходов.

Например, в Стокгольме шлам бытовых канализационных стоков и биологически разлагаемый мусор используются для производства биогаза. Биогаз, в свою очередь, преобразуется в тепловую энергию, а также в топливо для городских автобусов, мусоровозов и личных автомобилей [3]. В результате отходы превращаются в ценное энергетическое сырье, станции водоочистки – в поставщика энергии, а еще происходит значительное уменьшение потребления ископаемых видов топлива, снижение экологической нагрузки и, наконец, развитие новых перспективных технологий и целых отраслей промышленности. Таким образом, в единую систему оказывается возможным объединить водоснабжение, водоочистку, энергетику, общественный транспорт и управление отходами.

Согласно программе устойчивого развития «СимбиоСити» Брест будет развиваться по шести направлениям: транспорт, экология, климат, водоснабжение и водоотведение, архитектура, озеленение. Концепция «СимбиоСити–

Брест» представляет собой целую систему решений, основной целью которой будет создание среды, комфортной для проживания горожан [4]:

1. Улучшение городской среды, ландшафта и архитектуры: использование потенциала водно-зеленого диаметра (набережная, рекреационная зона, велодорожки, спортплощадки, эко-парк), благоустройство дворов, устройство общественных пространств.

2. Развитие городской транспортной системы: создание интермодальной системы передвижения, что подразумевает под собой эффективную взаимосвязь между разными видами транспорта и расширение внутригородской мобильности (электробусы, городская электричка), сервис проката альтернативных средств передвижения – велосипедов и электромобилей.

3. Улучшение экологических параметров окружающей среды: внедрение эффективных решений в области энергетики, промышленной очистки газовоздушных выбросов и сбросов сточных вод, вторичного использования и переработки отходов.

4. Информирование населения: создание просветительских программ для школьников и взрослого населения по разъяснению идей экологической устойчивости, налаживание обратной связи с помощью СМИ и сети интернет.

5. Усиление трансграничного сотрудничества: создание программ, способствующих укреплению экономических связей, увеличению туристических потоков, переходу на интермодальные грузоперевозки.

В результате реализации проекта «СимбиоСити–Брест» мы должны получить современный, комфортный и безопасный город.

Некоторые проекты будут реализованы к 1000-летию города. В частности, воплощение идеи «умного» города через создание системы регулирования городского движения. На основе компьютерных технологий будет разработана система управления дорожным движением, работой светофоров, движением личного и общественного транспорта.

Удобный для жизни город должен обладать доступным общественным транспортом, безопасными пешеходными и велосипедными зонами, удобными парковками, а также комфортными общественными пространствами. Поэтому устойчивое развитие города должно основываться на такой транспортной системе, которая будет доступна для всех категорий населения, обеспечит им высокое качество и безопасность услуг, а также в меньшей степени нанесет вред окружающей среде.

Рациональное планирование городской мобильности является основой развития города устойчивым образом. Цену мобильности в развитых странах принято определять по отношению к ВВП, ее величина колеблется в пределах от 5 до 15%. В эти расходы принято включать инвестиции в транспортные средства и коммуникации, затраты на организацию перевозок и обеспечение безопасности дорожного движения, текущие расходы на эксплуатацию транспортных средств и коммуникаций, затраты на топливо и электроэнергию, средства, которые требуются для возмещения потерь, связанных с дорожно-транспортными происшествиями, шумом и вредными выбросами в атмосферу [5].

Современные технологии позволяют увеличивать пропускную способность дорог, осуществлять эффективное управление и повышать безопасность работы общественного транспорта без крупных инвестиций в инфраструктуру и подвижной состав. Они также позволяют использовать индивидуально выбранные транспортные решения для удовлетворения потребностей инвалидов и других маломобильных групп населения.

В рамках концепции «СимбиоСити» в Бресте постепенно появляется «умная» инфраструктура, в частности, специальные «умные» светофоры, которые позволяют повысить безопасность дорожного движения и пропускную способность транспортной сети. Брест выиграл грант более 1 млн евро по трансграничной программе «Беларусь–Польша–Украина» по созданию системы «умных» светофоров [6]. Речь идет об интеллектуальной системе управления дорожным движением, которая позволяет регулировать интенсивность транспортного потока. Компьютерная система изучает особенности движения транспорта в наиболее оживленных точках и распределяет прибывающий поток транспорта на перекрестках, а также управляет светофорами, чтобы максимально разгрузить тот или иной участок дороги. Интегрированная система светофорного регулирования движения отдает приоритет общественному транспорту. Программный комплекс идентифицирует автобусы, троллейбусы, маршрутные такси и делает так, чтобы расписание общественного транспорта соблюдалось максимально точно. Это будет способствовать отказу брестчан от личных автомобилей в пользу общественного транспорта. В Бресте насчитывается 59 автобусных маршрутов, девять – троллейбусных, 20 – экспресс-сообщения. В будние дни по дорогам областного центра курсируют около 500 единиц общественного транспорта.

Регулирование потока транспорта позволит минимизировать выбросы в тех районах, где сконцентрировано большое количество автомобилей, а значит, уменьшится вредное воздействие транспорта на город, также снизится шум, транспортная система станет более «экологичной».

Применяемая технология повысит безопасность пешеходов при пересечении проезжей части по регулируемым переходам. На перекрестках появятся средства распознавания пешеходов. От количества пешеходов будет зависеть длительность того или иного сигнала светофора, что позволит снизить число ДТП на регулируемых пешеходных переходах. Модернизация городских светофоров будет происходить постепенно, также будет модернизирован и центральный пункт транспортного менеджмента. Подобный опыт интеллектуальной системы управления дорожным движением имеется в Западной Европе. В Беларуси такой подход внедряется впервые именно в Бресте.

Параллельно на центральных остановках устанавливаются электронные табло, на которых в онлайн-режиме будет транслироваться информация о движении транспорта. Монтаж конструкций уже завершён на остановках «Университет», «ЦУМ», «Проспект Машерова», «МОПРА». В перспективе умные табло появятся на остановочных пунктах «Технический университет», «Парк 1 Мая», «Бульвар Шевченко», «Рынок "Лагуна"», «Махновича» [7].

В рамках повышения городской мобильности в Бресте реализуется система велосипедной программы. Брест имеет большие шансы стать первым в стране по развитию велосипедной инфраструктуры. Для этого у города есть всё необходимое: компактность, относительно тёплый климат, энтузиасты велодвижения и содействие местных властей [8]. В Бресте разработан и внедряется план сети велодорожек, планируется создание первого в стране сервиса краткосрочного проката велосипедов, начали появляться велопереезды для пересечения велосипедистами проезжей части без спешивания. После реконструкции дорог такие переезды появляются практически на каждом перекрёстке. На основных велосипедных артериях бордюры занижены. Занижение происходит опусканием самого бордюрного камня (при реконструкции перестали применять бордюрные «наливы»). На нескольких улицах появились

велодорожки на проезжей части.

Внедрение новых технологий регулирования городского движения позволит повысить мобильность населения г. Бреста, безопасность на дорогах, контролировать грузовые и пассажирские перевозки, бороться с пробками, улучшать экологическую ситуацию и снизить вредное воздействие автотранспорта на окружающую среду.

Создание экологически чистой и безопасной городской среды с высоким уровнем транспортной доступности, как правило, приводит к росту цен на недвижимость, повышению оборота объектов торговли и сферы обслуживания, что способствует успешному экономическому развитию города.

В текущем году Брест отмечает 1000-летие, и сейчас город напоминает одну большую стройку – строится много новых объектов и реконструируются старые. На юго-западе областного центра заложили Парк тысячелетия города, где будут созданы большие зеленые и пешеходные зоны. За два последних года в два раза увеличилась протяженность набережной, еще ранее построен первый в Беларуси мусороперерабатывающий завод, и порядка 50% городского мусора теперь сортируется и перерабатывается. В городе идет реконструкция очистных сооружений, после чего сточные воды в Буг и Балтийский бассейн будут сбрасываться, пройдя несколько этапов очистки.

Таким образом, реализация концепции «СимбиоСити-Брест-2050» позволяет двигаться дальше по пути развития Бреста как устойчивого, благополучного и зеленого города.

#### **Список цитированных источников**

1. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pravo.by>. – Дата доступа: 20.04.2019.

2. В рамках проекта ПРООН оказана экспертная помощь в разработке концепции «СимбиоСити-Брест-2050» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://mybrest.by/news/vlast/v\\_ramkakh\\_proekta\\_proon\\_okazana\\_ekspertnaya\\_pomoshch\\_v\\_razrabotke\\_kontseptsii\\_simbiositi\\_brest\\_2050/](http://mybrest.by/news/vlast/v_ramkakh_proekta_proon_okazana_ekspertnaya_pomoshch_v_razrabotke_kontseptsii_simbiositi_brest_2050/) – Дата доступа: 20.04.2019.

3. SymbioCity [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.unido-russia.ru/archive/num7/art7\\_12/](http://www.unido-russia.ru/archive/num7/art7_12/). – Дата доступа: 20.04.2019.

4. Концепция Симбио-Сити – города, в котором хочется жить. Стратегия городского развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mediabrest.by/news/intervyu/brest-kontseptsiya-simbio-siti-goroda-v-kotorom-hochetsya-zhit-strategiya-gorodskogo-razvitiya-bolshoe-intervyu-s-n-n-vlasyukom>. – Дата доступа: 20.04.2019.

5. Пеньшин, Н. В. Организация транспортных услуг и безопасность транспортного процесса : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Технология транспортных процессов» / Н. В. Пеньшин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. – 476 с.

6. Брест выиграл грант более 1 млн евро по трансграничной программе «Беларусь-Польша-Украина» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belta.by/regions/view/brestskaja-oblast-poluchit-okolo-20-mln-evro-po-programme-polsha-belarus-ukraina-2014-2020-314780-2018/> – Дата доступа: 20.04.2019.

7. В Бресте на общественных остановках становится все больше электронных табло [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://onlinebrest.by/novosti/v-brestena-obshhestvennih-ostanovkah-stanovitsya-vse-bolshe-elektronnih-tablo\\_13094.html/](https://onlinebrest.by/novosti/v-brestena-obshhestvennih-ostanovkah-stanovitsya-vse-bolshe-elektronnih-tablo_13094.html/). – Дата доступа: 20.04.2019.

8. Брест – лидер развития велодвижения в Беларуси? : Общественное объединение «Минское велосипедное общество» : [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bike.org.by/ru/news/2018/brest-lider-razvitiya-velodvizheniya-v-belarusi>. – Дата доступа: 20.04.2019.

## **ОСНОВЫ РЕЦИКЛИНГА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ**

Ежегодно в мире в сферу материального производства в среднем поступает около 9 млрд тонн топливных и минеральных ресурсов, которые являются исчерпаемыми и невозобновляемыми.

Повышение объемов производства приводит к быстрому увеличению объемов производственных и бытовых отходов и создает угрозу окружающей среде и здоровью человека. Отходы загрязняют воздух, почву, воду на больших площадях.

Чрезмерное потребление увеличивает количество и разнообразие отходов. К 2025 году, по оценке экспертов, их объем может возрасти в 4–5 раз, а расходы на удаление отходов, особенно в промышленно развитых странах, могут удвоиться или утроиться в связи с заполнением мест сброса и утилизации отходов.

Мы предположили, что в Беларуси одной из самых важных проблем в области обращения с отходами является вовлечение вторичных материальных ресурсов в промышленный оборот, что позволит уменьшить объемы отходов, обеспечить перерабатывающие отрасли промышленным сырьем, сохранить ресурсный потенциал Республики Беларусь.

**Цель нашей работы:** предложить варианты решения вопроса о вовлечении вторичных материальных ресурсов в промышленный оборот.

**Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:**

- ознакомиться с законодательно-нормативной базой, интернет-ресурсами по данной тематике;
- проанализировать механизм организации сбора вторсырья на примере г. Бреста;
- выявить проблемы, связанные с возвратом вторичных материальных ресурсов;
- предложить пути решения этих проблем.

**Для решения поставленных задач мы использовали следующие методы:**

1. Анкетирование населения.
2. Анализ статистических данных.

**В ходе проведенных исследований установлено:**

- количество твердых бытовых отходов в Беларуси ежегодно возрастает, соответственно, в их структуре увеличиваются объемы вторичных материальных ресурсов;
- население города имеет низкую экологическую культуру; безразлично относится к разделению мусора;
- специализированные контейнеры для раздельного сбора вторсырья используются жильцами как мусорные баки;
- жители города мало информированы о правилах утилизации и ответственности за раздельный сбор отходов;
- организации города, занимающиеся заготовкой вторичных материальных ресурсов от населения, не имеют эффективных механизмов стимулирования их возврата.

## **Одна тонна отдельно собранных компонентов твердых коммунальных отходов:**

- спасает 13 деревьев;
- сохраняет 300 литров нефти;
- экономит 4100 кВт/час электроэнергии;
- бережет 32 литра чистой воды.

Поэтому впервые серьезно о необходимости рециклинга, то есть возвращения вторичных материальных ресурсов в производственный цикл, заговорили в середине XX века.

Начиная, с 70-х годов XX века вопросы вовлечения вторичных материальных ресурсов решаются уже масштабно. Процессы развития рециклинга в мире идут достаточно быстро. За период 1985–1995 гг. вторичное использование отходов стекла возросло с 20% до 50%, а металлов – с 33% до 50%. В наши дни эти цифры еще выше.

Большинство стран Запада имеют хорошо проработанную законодательную базу заготовки и вовлечения в рециклинг вторичных материальных ресурсов. Например, в Швейцарии более 80% всех реализованных в стране батареек перерабатываются и вновь продаются жителям страны, в США в некоторых городах было запрещено производство продуктов в пластиковой упаковке, не подлежащей вторичной переработке, а также в стране подвергается вторичной переработке 98% всего производства стекла. И это еще совсем незначительная часть достижений, которые были достигнуты в области обращения со вторичными материальными ресурсами.

Таким образом, мировой опыт по сбору, переработке вторичных материальных ресурсов является позитивным. Его можно и нужно перенимать, т. к. мировое сообщество сделало свой выбор в пользу рециклинга и сокращения отходов.

В то время как в мировое сообщество уже во всю работает в сотрудничестве с рециклинговой системой, население Республики Беларусь находится в бессознательном состоянии в отношении ВМР. Об этом свидетельствуют результаты анкетирования населения.

Для определения информированности населения о вопросах сбора, сортировки и утилизации вторсырья проведено анкетирование. Было опрошено 546 человек. Основная часть респондентов – жители г. Бреста.

Анкета содержала 6 вопросов:

1. Как часто ваша семья покупает напитки в ПЭТ-бутылках или продукты в пластиковой упаковке?
2. Куда вы девааете отходы пластика?
3. Есть ли у вас дома запасы макулатуры или стеклянной посуды, которые жалко выбрасывать?
4. Принимает ли ваша семья участие в раздельном сборе вторсырья?
5. Принято ли в вашей семье сдавать в приёмные пункты стеклотару? Если нет, то по каким причинам вы это не делаете?
6. Удовлетворены ли вы ситуацией по сбору и утилизации вторсырья в нашем городе?
7. Знаком ли вам опыт по рециклингу вторсырья в других странах? Если знаком, считаете ли вы его полезным и достойным подражания?

На первый вопрос ответили, что часто покупают напитки и продукты в пластиковых упаковках, 49 % респондентов, т. е. почти половина. Редко делают такие покупки 20,5 % респондентов, не часто ≈30%. На второй вопрос 75% опрошенных ответили, что отходы пластика выбрасывают в мусорку, а остальные выбрасывают в мусоропровод. Только один человек дал ответ, что сжигает подобные отходы. На третий вопрос отрицательно ответили ≈65%

опрошенных, утвердительно  $\approx 35\%$ . На четвёртый вопрос отрицательно ответили  $\approx 81\%$  респондентов и  $\approx 19\%$  – ответили «да». На пятый вопрос «нет» ответили  $\approx 68,3\%$  человек,  $\approx 31\%$  ответили «да». Анализ анкетирования показывает, что население нашего города имеет чрезвычайно низкую экологическую культуру. Подавляющее большинство жителей не занимаются отдельным сбором вторсырья и не интересуются подобными вопросами. Вместе с тем по ответам видно, что пластмассовых отходов по квартирам собирается много, и практически все они попадают на мусорный полигон.

Исключение составляют те порции ТБО, которые поступают на сортировочную станцию. Следует отметить, что подавляющее большинство участников анкетирования недовольны ситуацией, сложившейся со сбором вторсырья в нашем городе и в стране в целом. Достаточно большое число жителей города имеют дома макулатуру и ненужную стеклянную тару, но не знают, куда это деть. В целом результаты анкетирования демонстрируют равнодушное отношение общества к вопросам сбора и утилизации вторсырья.

**Для решения существующих проблем считаем целесообразным внести свои предложения:**

1. Мы предлагаем, во-первых, прокладывать вакуумные мусороотводы, которые будут вести к сортировочной станции, расположенной в непосредственной близости.

Преимущества представленной технологии:

1.1. Улучшение санитарного состояния жилой группы, отсутствие неприятных запахов, вредителей и вредных выбросов.

1.2. Экономия полезной площади – вместо нескольких площадок с мусорными баками одна центральная станция сбора и сортировки отходов.

1.3. Экономия эксплуатационных расходов на вывоз мусора.

1.4. Оптимизация логистики за счет минимизации перемещения персонала по территории жилого образования.

1.5. Безопасность жителей – освобождаются общественные места от движения мусоровозов.

1.6. Упрощается сортировка ТКО и ТБО.

1.7. Эстетический вид загрузочных люков.

2. Так же предлагается, для повышения уровня сознательности населения создать экспериментальный дом, который на законодательном уровне будет обязан сортировать свои отходы.

Актуальность нашей работы в том, что за последние годы в Республике Беларусь наблюдается постоянный рост объёмов образования коммунальных отходов, а обществу необходимо грамотно, используя все современные способы, извлекать вторичные материальные ресурсы.

Это позволит уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду, экономить минерально-сырьевые, топливные ресурсы, обеспечивать предприятия республики дешевым технологическим сырьём, создать новые рабочие места.

#### **Список цитированных источников**

1. Алексеев, С. В. Экология человека / С. В. Алексеев, Ю. П. Пивоваров – М.: ВУНМЦ МЗ РФ, 1999. – 192 с.

2. Бигон, М. Экология: особи, популяции и сообщества : в 2 т. / М. Бигон, Дж. Харпер, Е. Таунсенд. – М.: Мир, 1989. – Т. 1. – 667 с. – Т. 2. – 477 с.

3. Гурова, Т. Ф. Основы экологии и рационального природопользования : учебник и практикум для СПО / Т. Ф. Гурова, Л. В. Назаренко. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2018. – 223 с.

4. Чистик, О. В. Экология: учебник / О. В. Чистик. – Минск: ООО «Новое знание», 2000. – 245с.

## **БЫСТРОВОВОЗВОДИМЫЕ МОДУЛЬНО-БЛОЧНЫЕ ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ**

Железнодорожный контейнер эволюционировал и готов заменить собой помещения не только для складирования инструмента и материалов, но и для вполне комфортного обитания человека. Использование блок-модулей не ограничивается строительными бытовками, торговыми павильонами и туалетно-душевыми комплексами с раздевалками. Вагон на вагон – получаем новый дом.

Быстровозводимые модульно-блочные здания и сооружения – это объекты различного назначения, собираемые из блок-модулей высокой степени заводской готовности. Принципиальное отличие модульной технологии от других – типизация не проектов, а строительных элементов, т. е. строительство опирается не на ряд разработанных типовых зданий, а непосредственно на блок-модули, из которых эти здания строят. Данный подход обеспечивает возможность создания на основе серии унифицированных элементов практически любых домов.

Собственно, блок-контейнер – это одна комната, а все здание собирается и разбирается по принципу конструктора. Модули могут устанавливаться в горизонтальной плоскости в два или более ряда, а в высоту – до трех этажей. В дальнейшем площадь здания может быть увеличена за счет легковозводимых пристроек и даже надстроек.

Несущим элементом блок-модуля является прямоугольный высокопрочный каркас, обычно сваренный из металлических С-образных профилей. Он имеет вертикальные стойки и горизонтальные прогоны для крепления внешней и внутренней обшивки, для установки окон, дверей и внутренних перегородок. Для долговечности и надежности металлические части каркаса обработаны антикоррозионным покрытием, а деревянные – огнезащитным составом.

Ограждающие конструкции, или стены блок-модулей, могут быть сделаны из сборных конструкций, собранных прямо на готовом каркасе или изготовленных на заводе сэндвич-панелей.

В первом случае каркас, имеющий деревянные прогоны, обшивается снаружи профлистом, после чего в «окна», образованные прогонами, закладывается утеплитель в один или несколько слоев. Далее все закрывается пароизоляцией (например, ПЭ пленкой) и обшивается, как правило, обрезной доской. Внутренняя обшивка может быть различной и выбирается по желанию заказчика.

Во втором случае сэндвич-панели раскраиваются по заданным размерам блок-модуля и вставляются в каркас.

Внешняя отделка стен может быть самой разнообразной: от покраски специальным лаком или краской для декоративных панелей с имитацией древесины, камня или другого материала. Процесс внешнего оформления модельных сооружений довольно прост, не трудоёмок, а результат весьма эффективен.

В качестве внутренней отделки быстровозводимых зданий может использоваться любой материал, предназначенный для этих целей. На покрытие пола используются доски, линолеум, керамическая плитка, ламинат и другие материалы. Потолки могут быть подвесные, реечные или накладные.

Стены подшиваются панелями МДФ, рейкой ПВХ. Также используется гипсокартон, который может оклеиваться обоями.

В блок-модульных зданиях и сооружениях кровля обычно представляет собой каркас, накрытый профильным листом; она может быть как обычной двухскатной, так и мансардного типа. Один из вариантов выполнения каркаса – это каркас для крыши из металлоконструкций. При этом элементы выполняются на заводе в виде сварных треугольных поперечных составляющих, которые соединяются в единый каркас непосредственно при монтаже электро-сваркой или на болтовых соединениях. В случае применения каркаса из деревянных брусков конструкция монтируется на строительной площадке. После сборки и установки здания из блок-модулей для деревянной конструкции необходима пропитка огнезащитными материалами в несколько слоев.

Что касается полов и потолков, то наиболее практичными являются полы, имеющие многослойную структуру:

- нижний слой – крашенный профлист, установленный на металлические лаги;
- средний слой из минераловатного утеплителя толщиной 50–200 мм;
- пароизоляция;
- верхний слой – доска пологая с огнезащитной пропиткой, пропитанная огнезащитным лаком;
- плита ЦСП толщиной 8-10 мм.

В качестве напольного покрытия обычно используют линолеум, керамическую плитку или ламинат.

Потолок также должен иметь многослойную структуру:

- верхний слой – грунтованный и окрашенный стальной лист;
- средний слой – утепление минватой (50-200 мм), укрепленной рейками;
- пароизоляция – пленка полиэтиленовая.

Преимущества модульно-блочных сооружений перед капитальными очевидны. Главным образом подкупает возможность создавать практически любые помещения, а также быстрый монтаж в любое время года, их мобильность и относительно низкие цены. Основные преимущества отметим более подробно.

Во-первых, модульные здания могут использоваться практически в любых климатических условиях, при температурах от – 45 до +50 °С – все зависит от толщины утеплительного слоя, которая варьируется от 5 до 20 см. При этом используются самые различные утеплители как отечественного производства, так и зарубежного.

Отечественные и иностранные производители предлагают достаточно широкий спектр утеплительных материалов. Такие материалы, как URSA, ROCK-WOOL, дешевле, но требуют более толстого слоя, а базальтовые утеплители, выпускаемые в виде матов, имеют лучшую теплосохраниющую способность и улучшенные качества по пожаробезопасности, но более высокую цену.

Еще одним достаточно эффективным вариантом утепления таких зданий является применение в качестве утеплителя отражающей теплоизоляции, которая основана на принципе отражения теплового излучения, а не его поглощения. Благодаря комбинации 100%-й алюминиевой фольги и слоя пузырьков с воздухом отражающая теплоизоляция в несколько раз эффективней традиционной теплоизоляции, её толщина намного меньше – от 4 до 8 мм. При этом она может заменять до 100 мм минеральной ваты. Таким образом, при использовании отражающей теплоизоляции существенно экономится пространство в модульном здании. Зимой поверхность отражающей теплоизоляции отражает тепло от нагревательных элементов внутрь, не давая ему покинуть помещение, а летом отражает тепловое излучение от солнца, благодаря чему здание защищено от перегрева.

Во-вторых, модульные здания, несмотря на блочные формы, на деле достаточно «пластичны» и позволяют архитектору вписать их практически в любую местность. Они монтируются без заглубленного фундамента – устанавливаются на расчищенную и выведенную «в горизонт» площадку при условии твердого, не проседающего грунта. Также можно выложить площадку железобетонными плитами. Особенно актуально отсутствие заглубленного фундамента в условиях сложных грунтов: нагрузка на почву минимальна и подготовительные работы совершенно не требуются.

В-третьих, для того чтобы в модульных зданиях и сооружениях было комфортно жить, работать или отдыхать, блок-модули оборудуются всеми инженерными коммуникациями: электричеством, водопроводом, канализацией и вентиляцией. Это может происходить как в период изготовления блок-контейнеров на заводе, так и в момент сборки их на месте установки. В качестве источников отопления чаще всего используются масляные обогреватели, количество которых рассчитывается проектировщиком. Таким образом, по наличию дополнительного оборудования и систем коммуникаций модульные здания практически не отличаются от привычных капитальных строений.

И, наконец, блок-модульные строения все однотипные, собираются на стандартном каркасе и отличаются только видом перегородок, количество которых тоже ограничено. Благодаря своей унификации сферы их применения очень разнообразны. Это могут быть: административные, офисно-складские здания, пункты временного проживания строителей, общежития, столовые, кафе, медпункты, лаборатории, прорабские, гардеробные, прачечные, дачные домики, душевые, санузлы, магазины, мастерские, бюро пропусков, диспетчерские, повильоны, проходные, электрощитовые, котельные, модули водоподготовки, пункты охраны, блок-контейнеры для хранения телекоммуникационного оборудования операторов мобильной связи и многие другие.

В основном модульные здания и сооружения пользуются популярностью у государственных заказчиков – как правило, крупных строительных организаций. И действительно, в условиях, когда на возведение серьезного капитального объекта требуется два-три года, хорошим вариантом для строительной организации будет создание в несколько ярусов временного блочно-модульного комплекса со всеми удобствами (чем громоздкие вагончики доисторического типа). Причем после завершения строительства будет непроблематично перебазировать блок-модули на новый объект.

В завершение стоит отметить, что изначально контейнеры разрабатывались для международного контейнерного транспорта. Так, они после списания и непригодности для прямого и дальнейшего использования по назначению попадали на приусадебные участки особо ушлых соседей, где мирно ржавели. Со временем отношение к блок-модулям изменилось, и они вышли на новый качественный уровень использования. Унификация, компактность и надежность открыли для этой прямоугольной металлической конструкции второе дыхание: сейчас блок-модуль может использоваться и как независимая единица, и как составная часть целого жилого или офисного комплекса. При этом он имеет высокий уровень прочности, длительный срок службы, кроме того, неприхотлив к условиям местности как по отношению к температурным колебаниям, так и к сейсмическим. А главное, блок-модули пригодны для длительного пребывания человека. Система взаимозаменяемых стеновых групп предполагает большую гибкость в осуществлении внутренних планировок.

Словом, остановив свой выбор на данных конструкциях, можно получить в кратчайшие сроки, без предварительных изысканий и капиталовложений, новое сооружение.

#### **Список литературы**

1. [Электронный ресурс]. – Режим доставки: <https://www.vagondom.com/prefab/bystrovozvodimye-zdaniya-na-baze-blok-modulej.html>
2. [Электронный ресурс]. – Режим доставки: <https://www.vagondom.com/prefab/bystrovozvodimye-zdaniya-na-baze-blok-modulej.html>
3. [Электронный ресурс]. – Режим доставки: <https://avrial.ru/blog-kompanii/bystrovozvodimye-blok-modulnye-zdaniya>

УДК 528.48[621/64:661.5]

**Смулько Т. В.**

**Научный руководитель: к. т. н., доцент Кандыбо С. Н.**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРЕНОВ СООРУЖЕНИЙ БАШЕННОГО ТИПА**

Цель данной работы – выполнить анализ существующих методов определения кренов инженерных сооружений, сравнить точностные характеристики метода координат и метода, основанного на использовании электронных тахеометров, дать практические рекомендации по применению метода.

Крены инженерных сооружений, т. е. наклоны сооружения башенного типа относительно его проектной вертикальной оси симметрии, являются следствием действия таких факторов, как: неравномерное сжатие грунтов у основания сооружения под воздействием его веса; ветровой напор; солнечный нагрев и т. д. Крены сооружений при достижении значительной величины могут вызвать непосредственную угрозу прочности и устойчивости сооружения.

Крен сооружения может быть выражен в линейной, угловой, абсолютной и относительной мере. Под линейной величиной абсолютного крена в  $i$ -м цикле наблюдений понимается отрезок между проекциями центра подошвы фундамента и положения центра верхнего сечения сооружения на координатную (горизонтальную) плоскость. Приращение крена в линейной мере представляет собой расстояние (отрезок) между проекциями положений центра верхнего сечения сооружения в двух циклах наблюдений на координатную плоскость. Абсолютный крен в угловой мере определяется острым углом между отвесной линией в центре подошвы фундамента и положением оси сооружения в  $i$ -м цикле. Относительным креном называют отношение линейной величины абсолютного крена сооружений в  $i$ -м цикле к высоте сооружений.

Наблюдения за кренами сооружений проводятся в соответствии с требованиями ТКП 45-1.03-26-2006, в которых даны следующие допуски на величины кренов:

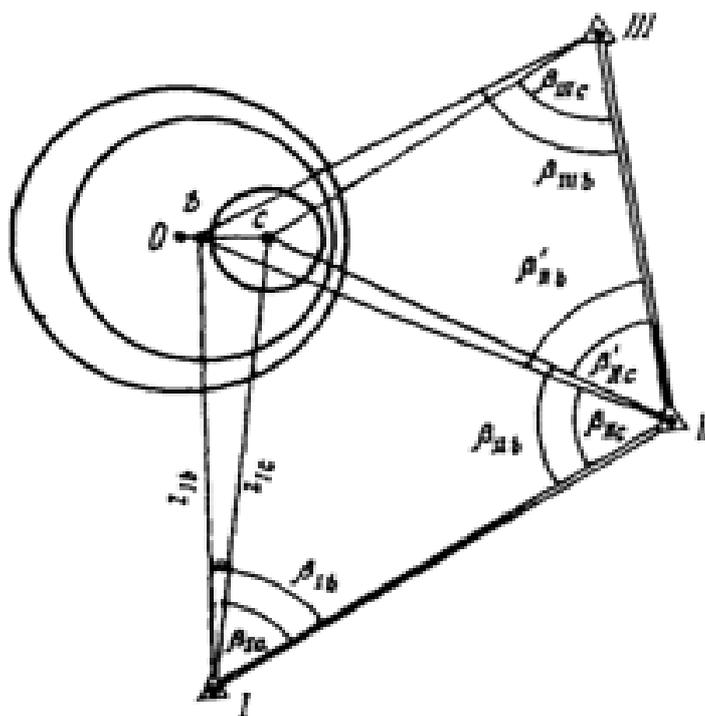
- для промышленных дымовых труб предельные относительные крены:  
 $(Q/H)_{пр} = 0,0005$  при  $H \leq 100$  м;  
 $(Q/H)_{пр} = 0,005$  при  $H > 100$  м;
- для прочих жестких сооружения высотой до 100 м:  $(Q/H)_{пр} = 0,004$ ;
- для антенных сооружений  $(Q/H)_{пр} = 0,001 - 0,002$ .

В проектах для сооружений башенного типа предусматриваются измерения кренов как при строительстве, так и при эксплуатации сооружений. Наиболее полную информацию о закономерностях изменения крена сооружения при эксплуатации дают систематические геодезические наблюдения, позволяющие определять абсолютную величину крена, его направление, приращение крена и изменение его направления.

Периодичность наблюдений за кренами сооружений устанавливается проектной организацией (в период эксплуатации по согласованию с организацией, эксплуатирующей сооружение) в зависимости от требуемой точности определения крена, скорости протекания осадок и от состояния сооружения.

Определение крена эксплуатируемого башенного сооружения в зависимости от требуемой точности и высоты, а также местных условий может быть осуществлено одним из следующих способов [2, 3]: координат; горизонтальных углов (направлений); малых углов; вертикального проектирования; с применением дифференциальных формул; высокоточного нивелирования осадочных марок; зенитных расстояний; комбинированным; с применением клинометров; стереофотограмметрическим.

Рассмотрим более подробно способ координат. Данный способ применяется для высокоточных систематических наблюдений за кренами сооружений большой высоты и особенно эффективен для определения кренов совокупности высоких сооружений, например, большой группы труб на промышленных предприятиях. Способ координат заключается в определении в каждом цикле наблюдений прямой угловой засечкой одновременно с трех-четырех пунктов наблюдения координат центра верхнего, а в начальном цикле и координат центра нижнего сечений сооружения в принятой системе координат. В качестве деформационных марок могут быть использованы марки из светоотражательной плёнки (марки-катафоты). Координаты центров марок могут быть определены по координатам опорных знаков способами прямой угловой засечки, а также способом полярных координат.



**Рисунок 1 – Способ координат**

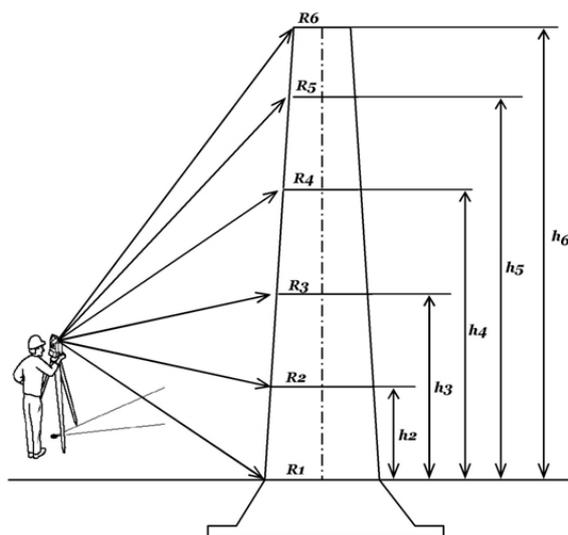
По разностям координат точек между начальным и текущим циклами наблюдений находят составляющие крена за данный промежуток времени:

$$Q_x = x_i - x_0 \quad Q_y = y_i - y_0$$

полную величину крена и его направление:

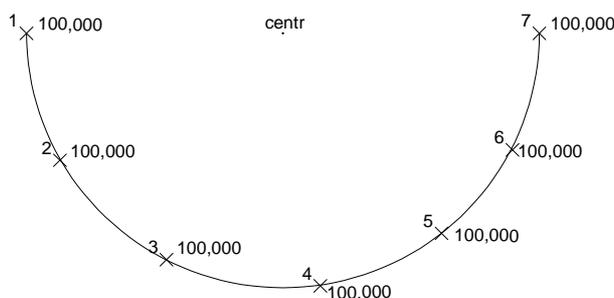
$$Q = \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}; \quad \text{tg} \alpha_Q = \frac{Q_y}{Q_x}.$$

Появление электронных тахеометров с большим радиусом безотражательных измерений расстояний (до 500 м) позволяет вычислять координаты поверхности сооружения с большой точностью и на разных сечениях (высотах), в результате чего стало возможным получать трехмерную модель поверхности сооружения. Для определения величины крена вытяжной трубы электронный тахеометр устанавливают на точке с хорошей видимостью башенного сооружения (рис. 2), определяют ориентирование прибора и плановые координаты временного пункта. Затем на каждом сечении трубы измеряют трехмерные координаты не менее шести точек поверхности сооружения



**Рисунок 2 – Определение крена башенного сооружения электронным тахеометром**

По результатам измерений по методу наименьших квадратов вычисляют координаты центра окружности в каждом сечении, величину и направление крена (рис. 3). Данный способ позволяет с одной точки стояния тахеометра оперативно выполнять натурные измерения без закладки опорных геодезических пунктов (базисов).



**Рисунок 3 – Вычисление координат центра окружности по результатам измерений**

Выполним предрасчет точности определения крена, для способа координат и для способа, основанного на применении электронных тахеометров.

Расчет необходимой точности геодезических измерений, выполняемых в каждом цикле наблюдений за креном сооружений, будем производить, исходя из требуемой точности определения крена. За предельные (допустимые) погрешности измерения крена рекомендуется принимать величины, не превышающие 0,2 строительных допусков [1]:

$$\leq 0,03 \text{ м при } H \leq 100 \text{ м};$$

$$\leq 0,04 \text{ м при } H > 100 \text{ м}.$$

За требуемую точность определения крена при расчете примем величину, равную половине предельной погрешности.

Расчет необходимой точности измерения горизонтальных углов при наблюдениях, основанных на прямой угловой засечке, можно выполнить по следующей формуле:

$$m_{\beta}'' = \frac{m_Q \rho'' \sin \gamma}{2s},$$

где  $m_{\beta}$  – необходимая средняя квадратическая ошибка измерения горизонтальных углов;

$m_Q$  – требуемая средняя квадратическая ошибка определения крена;

$\gamma$  – угол засечки;

$s$  – расстояние от пунктов наблюдения до засекаемого центра верхнего сечения сооружения в координатной плоскости.

Если принять  $m_Q = 1 \text{ см}$ , т. е. половине предельной погрешности, а  $S = 2H - 3H$ , то необходимая точность измерения горизонтальных углов, для различных значений угла засечки и высоты сооружения будет определяться величинами, приведенными в табл. 1

**Таблица 1 – Требуемая средняя квадратическая ошибка измерения углов**

$\gamma / s$	$m_{\beta}''$ при высоте $H, \text{ м}$							
	50	100	150	200	250	300	350	400
2H	10	5	3	2	2	2	1	1
30° 2,5H	8	4	3	2	2	1	1	1
(150°) 3H	7	3	2	2	1	1	1	1
2H	17	9	6	4	4	3	2	2
60° 2,5H	14	7	5	4	3	2	2	2
(120°) 3H	12	6	4	3	2	2	2	2
2H	20	10	7	5	4	3	3	2
90° 2,5H	16	8	5	4	3	3	2	2
3H	13	7	4	3	3	2	2	2

Анализируя результаты таблицы 1, можно сделать следующие выводы:

1. Для повышения точности измерений значение угла засечки должно находиться в пределах от 60 до 120° ( $60^{\circ} \leq \gamma \leq 120^{\circ}$ );

2. Исходные опорные пункты следует выбирать на расстоянии, не превышающем  $3H$ , где  $H$  – высота сооружения;

3. Для достижения требуемой точности необходимо использовать точные и высокоточные угловые приборы.

Для определения крена с применением электронного тахеометра среднюю квадратическую погрешность определения координат деформационной марки можно определить по формуле:

$$m_{x,y}^2 = m_s^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 \cdot S^2,$$

где  $m_\beta$  – средняя квадратическая ошибка измерения горизонтальных углов;  
 $m_s$  – средняя квадратическая погрешность определения расстояния;  
 $S$  – расстояние.

При расчетах примем:  $m_\beta = 2''$ ,  $m_s = 3$  мм (в безотражательном режиме); тогда средняя квадратическая погрешность определения координат составит  $m_{x,y} = \pm 4$  мм при расстоянии от тахеометра до точки от 50 до 350 метров. Таким образом, величина  $m_{x,y}$  практически не зависит от расстояния от тахеометра до определяемой точки и конфигурации исходных пунктов. Эта формула отражает ошибку способа определения координат марки без учёта ошибок исходных данных и центрирования. Следует учитывать, что для безотражательного режима измерений расстояний точность и дальность будет зависеть от поверхности объекта.

Так как линейная величина абсолютного крена определяется по разности координат центра сооружения, средняя квадратическая ошибка линейной величины крена по отношению к  $m_{x,y}$  увеличится по крайней мере в  $\sqrt{2}$  раз и составит 6 мм, что соответствует требованиям [1] к погрешности измерения крена сооружений с большим запасом точности.

Таким образом, метод определения крена сооружений башенного типа электронным тахеометром имеет ряд преимуществ по сравнению с другими способами: 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.

Необходимо выполнить экспериментальные работы по определению кренов сооружений башенного типа различной конфигурации для апробации данной методики.

#### **Список цитированных источников**

1. Геодезические работы в строительстве. Правила проведения : ТКП 45-1.03-26–2006 (02250). – Минск: Министерство строительства архитектуры Республики Беларусь, 2006. – 62 с.
2. Руководство по определению кренов инженерных сооружений башенного типа геодезическими методами. – Москва: Стройиздат, 1981. – 54 с.
3. Шеховцов, Г. А. Современные геодезические методы определения деформаций инженерных сооружений: моногр. / Г. А. Шеховцов, Р. П. Шеховцова. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2009. – 156 с.
4. Экспериментальные измерения крена сооружений электронным тахеометром / В. И. Михайлов, С. И. Кононович, Ю. Н. Чиберкус // Наука и техника. – 2015. – № 2. – С. 42–47.
5. Определение геометрических параметров башен связи / В. В. Ялтыхов, А. А. Шаблова // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F – 2015. – № 3. – С.183–189.

## **ПРОТИВОСКОЛЬЗЯЩИЙ РАЗМЕТОЧНЫЙ АКРИЛОВЫЙ МАТЕРИАЛ КАК ЭКОЛОГИЧНОЕ РЕШЕНИЕ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

В Республике Беларусь в настоящее время огромную роль приобретают современные технические средства организации дорожного движения, к которым относятся дорожные знаки, горизонтальная и вертикальная разметка, светофоры и направляющие устройства. Для горизонтальной дорожной разметки городских улиц применяют краски, термопластики, холодные пластики, полимерные ленты, а также световозвращатели, используемые для оптической ориентации водителя. В крупных городах выбор материалов и технологий для устройства разметки должен осуществляться на основе тщательного анализа, проведения полного комплекса лабораторных испытаний и экспериментальных полевых работ. Только при этом подходе возможно эффективное использование горизонтальной дорожной разметки и повышение безопасности дорожного движения. В последние годы появились инновационные разработки принципиально новых, перспективных, экологически полноценных акриловых материалов для горизонтальной разметки автомобильных дорог – холодных пластиков химического отверждения, которые являются альтернативой современным органорастворимым краскам [1, 2, 3].

В отличие от красок, содержащих органические растворители, пластики отверждаются за счет протекания химической реакции инициированной радикальной полимеризации [4]. Холодные пластики изготавливают на основе реакционно-способных акриловых мономеров. Связующее представляет собой 20%-й раствор сополимера бутилакрилата и метилметакрилата в смеси исходных мономеров с добавлением катализатора. В состав высоконаполненной полимерной композиции (компонент А) входят: минеральные наполнители, диоксид титана или другой минеральный пигмент в зависимости от требуемого цвета, а также комплекс функциональных добавок (диспергаторов, смачивателей, пластификаторов) [4, 5]. Компонент В представляет собой инициатор полимеризации, чаще всего – перекись бензоила в виде 50%-го порошка (для снижения пожаро-и взрывоопасности её наносят заводским способом на инертную матрицу) или в виде 25%-й пасты в двухатомных спиртах (пропиленгликоле, бутилгликоле и т. п.) [2]. Пластики после отверждения образуют толстослойное твердое непрозрачное лакокрасочное покрытие, содержащее в составе до 25% световозвращающих стеклошариков.

Новый экологичный материал химического отверждения, испытанный в лабораторных условиях, предназначен для создания цветных противоскользких покрытий с повышенной шероховатостью (разметки больших площадей асфальтобетона, устройства покрытий специального назначения; разметки остановок общественного транспорта, велосипедных дорожек, периметров перекрёстков, приближения к пешеходным переходам и аварийно-опасным участкам, детских площадок, спортивных площадок, прогулочных дорожек рядом с медицинскими учреждениями, санаториями, детскими садами, школами). Комплексное композиционное покрытие состоит из трёх слоёв: нижний и верхний из пластика химического отверждения, промежуточный – из минерального наполнителя.

В качестве минерального наполнителя использовали бокситную крошку фракционного состава 5–20 мм. Отверждение производили перекисью бензоила в количестве 1,5–2,0% от массы пластика. Рецептúra пластика приведена в таблице 1.

Жизнеспособность холодного акрилового пластика после соединения компонентов А и В, смешение которых производится непосредственно перед нанесением материала на дорожное покрытие, является важной технологической характеристикой. Она должна находиться в определённых пределах, а именно 20–30 мин. За этот период времени композиция должна быть тщательно перемешана с инициатором полимеризации и нанесена на дорожное полотно. Более длительное «время жизни» неприемлемо, так как при проведении разметочных работ в любое время года движение перекрывают на период времени не более 20–40 мин.

**Таблица 1 – Рецептúra противоскользящего пластика**

Наименование компонента	Содержание, масс. %
20%-й раствор бутилметакрилового сополимера в смеси мономеров	40,0
Катализатор аминного типа (N,N-диметил-п-толуидин)	0,1
Стабилизатор неокрашивающий (2,4,6-три-трет-бутилфенол)	0,5
Диспергатор (раствор высокомолекулярного блок-сополимера, содержащего аминные группы, в ксилоле)	0,5
Агент реологии (раствор модифицированного карбамида в N-метилпирролидоне)	0,9
Пигмент (красный свинцово-молибдатный крон – изоморфная смесь хромата, сульфата и молибдата свинца)	5,0
Микрораморный наполнитель (карбонат кальция) фракции $\varnothing_{ср} = 25$ мкм	53,0

Вследствие протекания в системе каталитической реакции инициированной радикальной полимеризации (катализатор аминного типа – диметил-п-толуидин, инициатор – пероксид бензоила) стабильность пластика с инициатором полимеризации ограничена во времени. Жизнеспособность исследуемой сложной гетерогенной системы характеризуется временем до начала резкого нарастания вязкости материала (гелеобразования). На первой стадии происходит возникновение микрогелей, частично сшитых частиц коллоидного размера. На второй стадии начинается формирование сетчатой структуры при объединении микрогелей в единую полимерную матрицу. Визуально гелеобразование пластика наблюдается на второй стадии процесса. Реальный образующийся полимер представляет собой ограниченные по размеру сетчатые агрегаты, звенья макромолекул которых пространственно связаны между собой химическими связями [6].

Пластик химического отверждения исследовали в лабораторных условиях на соответствие СТБ 1520 «Материалы для горизонтальной разметки автомобильных дорог» [7] стандартными методами [8]. Все работы производили в вытяжном шкафу. Результаты исследований приведены в таблице 2.

Комплексное акриловое противоскользящее покрытие сочетает в себе твердость, износостойкость, эластичность, морозостойкость, стойкость к воздействию воды и водного раствора хлорида натрия, устойчивость к воздействию переменных температур (многократный переход через 0°C), высокую адгезию к асфальтобетонному дорожному полотну. Неотверждённый материал показал достаточную стабильность при хранении, позволяющую транспортировать его на длительные расстояния даже при высоких температурах (до +60°C), то есть использовать в южных регионах.

**Таблица 2 – Результаты лабораторных испытаний пластика**

Наименование показателя	Величина
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,7
Стабильность при хранении, баллы	не менее 3
Время отверждения до степени 5 при температуре (20±2) <sup>0</sup> С	не более 25 мин
Массовая доля нелетучих веществ (с инициатором), %	98
Стойкость покрытия к статическому воздействию воды и 3%-ного водного раствора хлорида натрия при температуре (20±2) <sup>0</sup> С, ч	более 100
Стойкость покрытия к статическому воздействию насыщенного водного раствора хлорида натрия при температуре (0±2) <sup>0</sup> С, ч	более 100
Адгезия к асфальтобетону, МПа: - до замораживания - оттаивания - после 10 циклов замораживания – оттаивания	более 0,5 более 0,4
Эластичность покрытия при изгибе, мм	16
Водонасыщение, % по объёму	0,4

Вторым этапом разработки является проведение натуральных испытаний нового акрилового химически отверждаемого противоскользящего материала, а именно, особенностей его нанесения, отверждения в различных условиях. В обязательном порядке определяли коэффициент сцепления при помощи прибора SRT, состоящего из качающегося маятника, снабженного каучуковым башмаком на свободном конце, и воспроизводящего поведение автомобиля (снабженного шинами с рифленным протектором) в момент, когда шины блокируются тормозом на скорости 50 км/ч на влажной дороге [3]. Согласно проведенным натурным испытаниям, величина коэффициента сцепления свежеуложенного противоскользящего пластика в среднем в 2 раза выше коэффициента сцепления асфальта. Известно, что повышение коэффициента сцепления в 3 раза приводит к сокращению тормозного пути в 2 раза на мокром покрытии [9]. Повышение коэффициента сцепления в 2 раза приведёт к сокращению тормозного пути в 1,34 раза на мокром покрытии.

Применение экологичных акриловых противоскользящих материалов при устройстве горизонтальной дорожной разметки специального назначения позволяет: увеличить срок службы разметочного покрытия; сэкономить материалы и энергоресурсы; повысить безопасность движения; улучшить экологическую обстановку при проведении работ за счет отсутствия в составе пластиков органических растворителей. Для получения высококачественной, долговечной разметки необходимо соблюдение двух основных условий: использование качественных материалов и качественное выполнение работ по нанесению разметки на дорожное полотно, то есть безусловное соблюдение технологии нанесения противоскользящего экологичного материала.

#### **Список цитированных источников**

1. Стойе, Д. Краски, покрытия и растворители / Д. Стойе, В. Фрейтаг; пер. с англ. под ред. Э. Ф. Ицко. – СПб.: Профессия, 2007. – 528 с.
2. Тур, Э. А. Исследование физико-механических свойств экологичного акрилового разметочного противоскользящего материала / Э. А. Тур // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2013. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 109–111.
3. Тур, Э. А. Исследование эксплуатационных свойств экологичного разметочного противоскользящего акрилового материала / Э. А. Тур, Н. М. Голуб // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2014. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 123–125.

4. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке. – пер. с англ. под ред. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.
5. Скороходова, О. Н. Неорганические пигменты и их применение в лакокрасочных материалах / О. Н. Скороходова, Е. Е. Казакова. – М.: Пэйнт-Медиа, 2005. – 264 с.
6. Охрименко, И. С. Химия и технология плёнообразующих веществ / И. С. Охрименко, В. В. Верхованцев. – Л.: Химия, 1978. – 392 с.
7. Материалы для горизонтальной разметки автомобильных дорог. Технические условия : СТБ 1520-2008.
8. Карякина, М. И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М. И. Карякина. – М.: Химия, 1988. – 272 с.
9. Европейское руководство по качеству / под ред. У. Цорлля; пер. с англ. под ред. проф. Л. Н. Машляковского. – М.: Пэйнт-Медиа, 2004. – 578 с.

УДК 531.2+624.04

**Хеук М. В.**

**Научный руководитель: Холодарь Б. Г.**

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ СПОСОБОМ ДВУХ МОМЕНТОВ

**Введение.** Определение опорных реакций представляет собой одну из основных операций при расчете конструкций на прочность. Возникающие реактивные силовые факторы зависят от конструктивного исполнения опорных устройств, геометрии системы и характера нагружения.

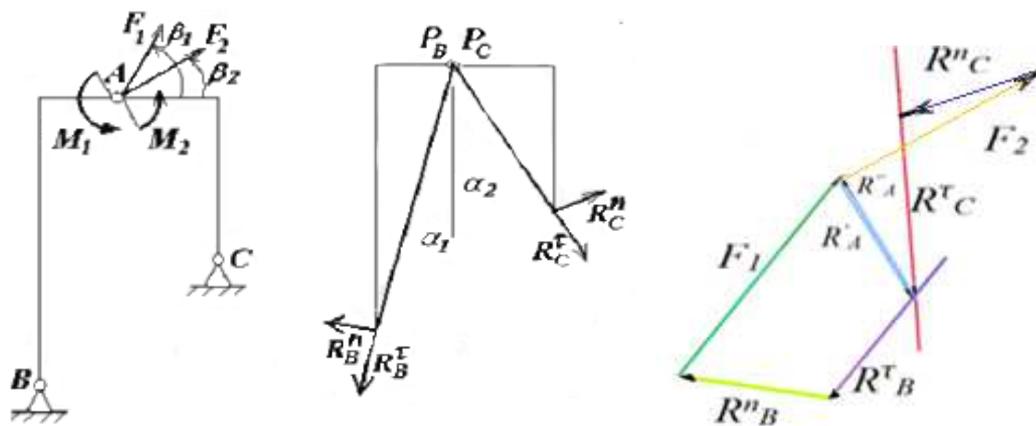
Традиционно реакции ищутся в декартовой системе координат с помощью уравнений равновесия [1]. При этом для системы, состоящей из нескольких тел, одновременно приходится определять и реакции внутренних связей, решая системы линейных уравнений. Однако можно использовать более рациональный способ решения, который позволяет получить результат намного быстрее, к тому же данный метод позволяет получать ответ графически, с достаточной точностью [2]. Для этого можно использовать как вычисление вручную, так и применять вычислительную технику.

### Методика решения

Рассмотрим принцип на простой схеме (рис. 1).

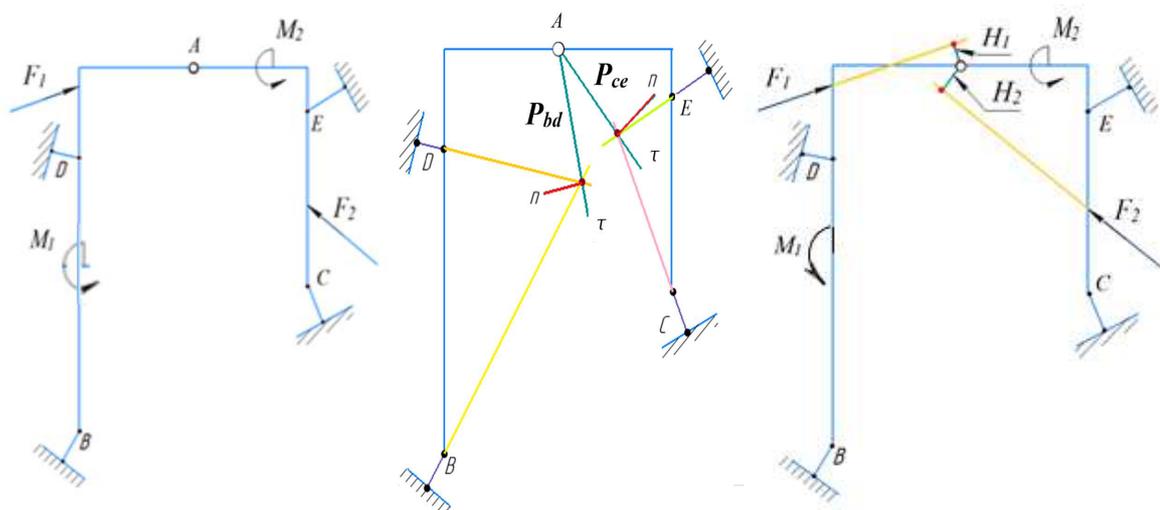
Приложенная к телам системы активная нагрузка может быть приведена к какой-либо точке, и в этом случае она представится двумя силовыми факторами – главным вектором и главным моментом, каждый из которых в частном случае может оказаться равным нулю. Приведем активную нагрузку на каждом из тел к точке *A*.

Для данной схемы реакции в точках *B* и *C* разложим на нормальные и касательные составляющие к аппроксимирующим прямым *AC* и *AB*, тогда определение нормальных составляющих ( $R_1C^n, R_1B^n$ ) можно провести путем составления уравнений моментов относительно точки *A*. Сами нормальные реакции в опорных точках каждого из тел зависят только от момента активных нагрузок на соответствующем теле относительно точки соединения с другим телом. Величины касательных компонент реакций ( $R_1C^t, R_1B^t$ ) и зависят от всех 4-х нагрузок ( $M_1, M_2, F_1, F_2$ ). Эти компоненты легко могут быть найдены графически из условия равенства нулю главного вектора силовой системы. Действительно, для активных сил и нормальных составляющих реакций мы знаем направления и значения. Для касательных знаем направление, поэтому можем построить силовой многоугольник в определенном масштабе, с помощью которого определить значение касательных составляющих. Решение показано на рисунке 1, причем оно позволило сразу же определить и реакцию внутренней связи – шарнира *A*.



**Рисунок 1 – Расчетные схемы системы на шарнирных опорах**

Рассмотрим схему с другими опорными устройствами, а именно – на стержневых связях (рис. 2).



**Рисунок 2 – Расчетная схема**

Приведем активную нагрузку к точке А.

Для данной схемы реакции пройдут через точки пересечения их линий действия  $P_{bd}$  и  $P_{ce}$ . Поэтому беря моменты поочередно вокруг точки А, найдем нормальные компоненты равнодействующих реакций. Далее из условия, что главный вектор всех сил системы равен нулю ( $\Sigma F=0$ ), найдем касательные компоненты (аналогично предыдущему примеру).

Для этого по направлению активных сил  $F_1$  и  $F_2$  проводим линии. Из точки приведения опускаем перпендикуляры к их линиям действия и находим длину плеча каждой силы, используя графический пакет КОМПАС.

Для нахождения моментов от активных сил, воспользуемся формулой

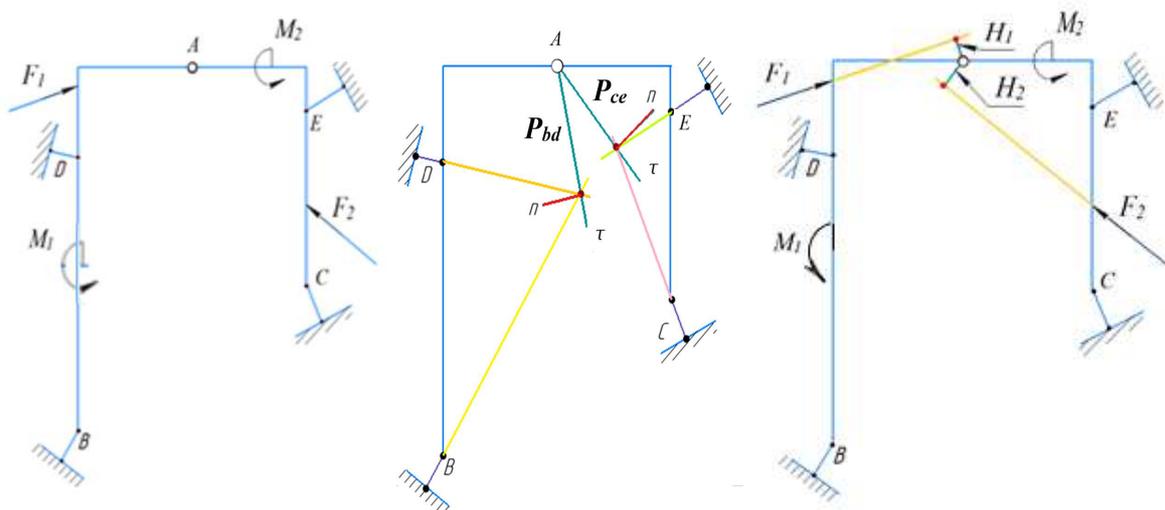
$$M_A(F) = F \cdot H, \quad (1)$$

где  $F$  – численное значение силы,  $H$  – плечо этой силы.

Для нахождения главного момента относительно точки для выбранной части схемы, воспользуемся формулой

$$M_A = M + M_A(F), \quad (2)$$

где  $M$  – численное значение момента, действующего на выбранную часть схемы,  $M_A(F)$  численное значение момента от активных сил, действующих на выбранную часть схемы (с учетом знаков).



**Рисунок 3 – Вторая расчетная схема**

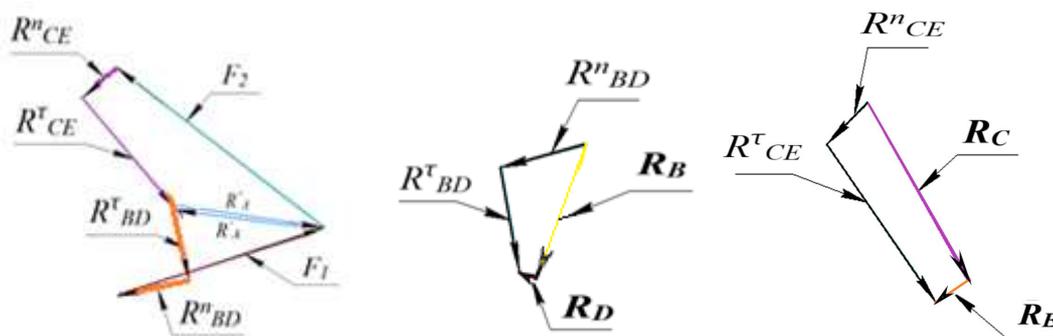
Для нахождения нормальной составляющей, воспользуемся формулой

$$R_n = M_A / P, \quad (3)$$

где  $P$  – расстояние от точки до пересечения линий действия реакций (плечи  $P_{ce}$ ,  $P_{bd}$ ).

Для активных сил и нормальной составляющей реакций мы знаем направления и значения. Для касательной составляющей знаем только направление, поэтому мы можем построить многоугольник в определенном масштабе, с помощью которого мы можем определить значение касательных составляющих, а найдя их можем построить многоугольники сил, из которых легко найдем размеры опорных реакций в закреплениях тел (рис. 4).

Для нахождения внутренних сил ( $R'_A$  и  $R''_A$ ) для каждой части схемы соединяем конец и начало векторов сил для каждой части схемы отдельно. Их направления должны быть взаимнопротивоположны, а сами векторы равны.



**Рисунок 4 – Нахождение опорных реакций**

На этом решение задачи об определении реакций в связях рассматриваемой системы закончено.

В [2] рассмотрены способы построения решения для других возможных схем крепления тел.

**Вывод.** Рассмотренный способ дает возможность быстро, точно и без решения систем уравнений равновесия получить значения реакций как внешних, так и внутренних связей в статически-определимых системах. Она применима к задачам с большим числом тел. Процедура наглядная, не требует использования тригонометрических формул.

### **Список цитированных источников**

1. Бутенин, Н. В. Курс теоретической механики : в 2 томах / Н. В. Бутенин, Я. Л. Лунц, Д. Р. Меркин. – СПб.: Издательство «Лань», 1998. – 736 с.
2. Холодарь, Б.Г. О выборе полюсов при определении опорных реакций составной конструкции (способ двух моментов) // Теоретическая и прикладная механика. Международный научно-технический журнал. – Выпуск 29. – Минск. – БНТУ. – 2014. – С. 298–302.

УДК 693.8

**Чиргун Е. С.**

**Научный руководитель: Ребров Г. Е., Игнатюк Т. В.**

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА БЫСТРОВОЗВОДИМЫХ ЗДАНИЙ**

Технология строительства быстровозводимых зданий из легких металлоконструкций переживает в настоящее время бурное развитие.

Идея строительства быстровозводимых зданий из легких металлических конструкций была удачно реализована в Европе в 50-х годах XX века. В Европе послевоенный экономический рост обусловил развитие торговли, которая выдвинула новые требования к возведению складских помещений. Первый склад в Люксембурге из легких металлических конструкций для хранения сантехники построили американские строители. С тех пор по континенту пошло распространение технологии быстровозводимых зданий. Быстровозводимые здания ассоциируются с сжатыми сроками строительства, быстрым возвратом инвестиций, невысокой стоимостью и минимальными трудозатратами, легкостью и простотой возведения. Все это обеспечило популярность такому виду строительства. В настоящее время на рынке Беларуси реализацией конструктивных элементов для строительства быстровозводимых зданий занимаются отечественные производители, такие как, например, Молодеченский завод металлоконструкций, ОАО «Смолевичский опытно-механический завод», группа компаний «Изобуд» и зарубежные – Ruukki, Lindab-ASTRON, «Проект-БелСтрой», «Постстрой», Stilios Steel.

Главной причиной популярности таких конструкций является удивительное сочетание относительно низкой стоимости постройки с высокой скоростью её возведения. Наличие этих двух слагаемых объясняется тем, что при таком типе строительства используют уже готовые металлоконструкции, которые необходимо просто собрать, как конструктор. Следующей немаловажной причиной является мобильность данных построек, т. е. возможность перемещения готового здания на другую площадку.

Благодаря этим плюсам и учитывая все возрастающие потребности рынка, возникает абсолютная уверенность в том, что быстровозводимые объекты прочно займут свою нишу при строительстве складских сооружений, сервисных мастерских, складов, спортивных сооружений, стоянок крупногабаритной техники, цехов заводов, овощехранилищ, холодильников и т. д., в том числе и в Беларуси.

Легкие каркасные металлоконструкции, используемые при строительстве промышленных зданий, давно известны как у нас, так и за рубежом. В чем же особенность подобного строительства? Быстровозводимые здания не нуждаются в применении особых строительных материалов и установке глубокого фундамента. Это связано с тем, что металлоконструкции, составляющие их

основу, обладают повышенной прочностью и устойчивостью. К тому же их монтаж не требует сварочных работ, что в значительной степени ускоряет сборку и повышает качество. Такие конструкции легко монтируются и демонтируются, кроме того, они не требуют специальных условий транспортировки.

Растущая популярность таких конструкций связана еще и с тем, что они решают проблему «мостиков холода» в наружных стенах при использовании металлических конструкций (характеризующихся, как известно, высокой теплопроводностью). Разработаны специальные конструкции, так называемые «термопрофили», имеющие минимальное поперечное сечение и прорезанные в шахматном порядке сквозными канавками для увеличения пути прохождения теплового потока. Это позволяет при уменьшении несущей способности примерно на 10% уменьшить теплопроводность на 80-90%, в зависимости от типа профиля. В результате этого конструкция приобретает тепловые характеристики, свойственные аналогичной деревянной.

Преимуществом быстровозводимых зданий является:

- сжатые сроки поставки конструкций на строительную площадку;
- готовые варианты зданий (как в утепленном варианте, так и в холодном);
- возможность быстрого монтажа и демонтажа по желанию заказчика;
- привлечение минимального количества монтажной техники и оборудования;
- перевоз конструкций на другую строительную площадку с последующим монтажом на новом месте;
- оптимизация цены за счет серийного производства конструкций.

Помимо «термопрофилей», при строительстве быстровозводимых зданий применяются также внутренние стеновые профили с улучшенными виброакустическими характеристиками, стальная обрешетка, металлические стропила или фермы и т. д. Все стальные элементы конструкций являются оцинкованными, что защищает их от коррозии на длительное время.

Есть в этой системе и еще один плюс – без ущерба для качества можно значительно удешевить проект с помощью более эффективных профилей. Например, если ферму изготовить не из уголков, а из квадратной трубы, она получится гораздо легче, что приведет к экономии металла и удешевлению стоимости всего каркаса. То же касается и материала, из которого изготовлены связи.

Проектирование строительных металлоконструкций отличается определенной спецификой. Каждое вновь возводимое здание на основе легких металлических конструкций требует индивидуальных расчетов. Помочь в этом могут проектные организации, специализирующиеся на подобных технологиях и имеющие в своем арсенале специальное программное обеспечение, способное в точности смоделировать будущее здание.

Быстровозводимые здания из металлоконструкций состоят из несущего каркаса, кровли и стен. Несущий каркас крепится на фундаменты здания, которые являются точечными. Соединение с колоннами осуществляется через блоки анкерных болтов.

Конструктивных отличий у разных производителей почти нет. Но, например, «Изобуд», кроме болтового соединения металлических конструкций также предлагает как вариант сварное соединение, которое может выполняться заводом-изготовителем или при монтаже на месте возведения зданий. Элементы несущего каркаса выполняются, как правило, из сварных двутавров переменного по длине сечения.

Самое главное – это расчеты конструкций и проектирование. Удачное проектирование здания способно существенно сократить расход металла по

сравнению со строительством зданий традиционным способом, который предполагает применение сварочного оборудования. Известно, что монтаж при помощи сварочного оборудования требует проверки каждого шва, поскольку металлоконструкции испытывают серьезные нагрузки. На смену традиционным способам пришло болтовое соединение, что позволило уменьшить расходы. Кроме того, специальные компьютерные программы позволяют произвести расчет нагрузок на металлоконструкции – ветровых, снеговых и т. д., что актуально при возведении большепролетных зданий.

Очевидно, что с применением новых технологий большепролетные здания можно строить быстро, расходуя относительно немного металла. При этом здание способно воспринимать нагрузки такой же силы, как и здания из железобетона и металла, построенные традиционным способом.

При распределении нагрузки учитываются все элементы конструкции здания – и сама рама, и гнутые профили, к которым крепится обшивка, и сама обшивка. Однако нагрузка передается не на тяжелые рамы, а перераспределяется между рамами и всеми конструкциями здания. Таким образом, обшивка не только выполняет ограждающую функцию, но и способна воспринимать нагрузки. Сечение конструкций подбирается с точки зрения их максимальной загруженности. Учет всевозможных нагрузок позволяет избежать перерасхода материала.

Строительство быстровозводимых зданий обладает рядом несомненных преимуществ. Скорость монтажа зданий, снижение накладных расходов, связанных с проведением строительных работ, экономия средств на строительство, легкость и компактность стальных элементов существенно сокращают их затраты при транспортировке на объект. Применение оптимально рассчитанного металлического каркаса в сочетании с элементами стеновой обшивки обуславливает легкость конструкции и уменьшает затраты на устройство фундаментов на любых типах грунтов. Многофункциональность стеновых панелей позволяет использовать их как на новостройках, так и при реконструкции старых зданий. Стеновые элементы легко монтируются на металло- и железобетонный каркас, к тому же с их помощью можно облицовывать стены.

Здания из металлоконструкций не только удобно проектировать, строить, но и утилизировать, а также переносить на новое место. Заметим, что металл как материал для строительства обладает рядом несомненных преимуществ, но у него есть один серьезный недостаток – в условиях пожара его термостойкость не столь высока, как у бетона. Вообще, рассуждая о перспективе применения тех или иных материалов, важно отметить, что в немалой степени на выбор заказчика будет влиять цена на сырье. Цена на металл поднялась, а на бетон упала, или наоборот, - это повод для заказчика задуматься о том, какой выбор необходимо сделать.

#### **Список цитированных источников**

1. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. Вып.1. Здания и промышленные сооружения: НЗТ. Сборник 4. – Минск: Минсктип-проект, 2009. – 97 с.

2. Теличенко В.И. Технология строительных процессов: в 2-х ч. / В. И.Теличенко, О. М. Терентьев, А. А. Лапидус. – 4-е изд., стер. – Москва: Высш.шк., 2008. – Ч. 1: учебник. – 391 с.

3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.stroysmi.ru/tehnologii/bystrovovzvodimye-zdaniya-vidy-tehnologij-i-osobennosti/>

4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lstkclub.ru/tehnologiya-bistrovovzvodimih-zdaniy/>

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПРОБЛЕМЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Бегеза А. А.**  
*Научный руководитель: ст. преподаватель Андreyuk С. В.*  
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АНИОННОГО СОСТАВА ВОДЫ НА  
ЭФФЕКТ УДАЛЕНИЯ НИТРАТОВ ..... 4
- Бойко С. В., Матлашук Д. В.**  
*Научный руководитель: м. т. н., ст. преподаватель Ключева Е. В.*  
ОБСЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ В ЗДАНИИ  
ОБЩЕЖИТИЯ №4 БрГТУ ..... 7
- Бойко С. В., Матлашук Д. В.**  
*Научный руководитель: д. т. н., профессор Северянин В. С.*  
МОДИФИКАЦИИ ГЕНЕРАТОРА ИМПУЛЬСНЫХ ТОРОИДАЛЬНЫХ ВИХРЕЙ ..... 9
- Василевич В. А., Гизмонт Д. В.**  
*Научные руководители: к. т. н., доцент Житенёв Б. Н.,  
ст. преподаватель Рыбак Е. С.*  
ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ЖЕЛЕЗООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ  
УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ ..... 11
- Грамажора Н. П., Гизмонт Д. В.**  
*Научные руководители: доцент Белов С. Г., ассистент Таратенкова М. А.*  
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕСТРУКЦИИ ОЗОНА В ВОДНОМ РАСТВОРЕ  
ПРИ КОНТАКТЕ С ОКСИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЗАГРУЗКОЙ ..... 16
- Дудар Л. Н., Михалюк М. О.**  
*Научный руководитель: к. т. н., доцент Тур Э. А.*  
ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛОКА, РЕАЛИЗУЕМОГО В ТОРГОВОЙ  
СЕТИ г. БРЕСТА ..... 19
- Дышко А. В., Ястребкова В. П.**  
*Научный руководитель: ст. преподаватель Сальникова С. Р.*  
РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ, ВОЗНИКШЕЙ В СЛУЧАЕ НЕПРАВИЛЬНО  
ЗАПРОЕКТИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ В ПОМЕЩЕНИИ  
ТОРГОВОГО ЦЕНТРА «ЗОДЧИЕ» ..... 23
- Иванюк Д. В.**  
*Научный руководитель: ст. преподаватель Янчилин П. Ф.*  
ПРЯМОТОЧНЫЕ СХЕМЫ ОБРАБОТКИ ВОЗДУХА ДЛЯ ЗАЛА ЗАСЕДАНИЙ ..... 26
- Климович А. В., Ястребкова В. П.**  
*Научный руководитель: ст. преподаватель Сальникова С. Р.*  
ОБСЛЕДОВАНИЕ И ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ  
НЕДОПУСТИМЫХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИИ  
ТОРГОВОГО ЦЕНТРА «ЗОДЧИЕ» ..... 29
- Максимчук М. В.**  
*Научный руководитель: к. т. н., доцент Волчек Ан. А.*  
ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА РЕК  
БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ ..... 31

**Марковский Р. А., Смирнова Ю. А.**  
**Научный руководитель: ст. преподаватель Шевчук Т. В.**  
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ ГРАФИЧЕСКОГО РЕДАКТОРА AUTOCAD MEP В КУРСЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ..... 35

**Мешик К. О.**  
**Научный руководитель: ст. преподаватель Янчилин П. Ф.**  
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОДДЕРЖАНИЯ КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ МИКРОКЛИМАТА СПОРТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ПОМОЩИ СРЕДСТВ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ..... 39

**Олесик Е. С.**  
**Научный руководитель: м. т. н., ст. преподаватель Янчилин П. Ф.**  
РЕЗУЛЬТАТ РАБОТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА В ПРОГРАММЕ CORIGA E TOOL VENTILATION ..... 42

**Пархомук И. П., Филюк Д. В.**  
**Научный руководитель: ст. преподаватель Сальникова С. Р.**  
ЗАВИСИМОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТ ВЫСОТЫ ПОМЕЩЕНИЯ ПРИ ВЕНТИЛЯЦИИ ВЫТЕСНЕНИЕМ И ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ ..... 44

**Пархомук И. П., Филюк Д. М.**  
**Научный руководитель: ст. преподаватель Сопин Ю. Ю.**  
АНАЛИЗ РАБОТЫ НАСОСА WILO С ПЧТ ..... 46

**Розумец И. Н.**  
**Научный руководитель: к. г. н., доцент Шпока И. Н.**  
ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА ПО ТЕРРИТОРИИ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 49

**Самусик А. А.**  
**Научный руководитель: к. т. н., доцент Яловая Н. П.**  
СИСТЕМА ВОДООТВЕДЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД г. БРЕСТА ..... 51

**Снитко Д. А.**  
**Научный руководитель: м. т. н., ст. преподаватель Янчилин П. Ф.**  
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАБОТЫ ДИАГОНАЛЬНОГО ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА В ПРОГРАММЕ CORIGA E TOOL VENTILATION ..... 54

**Ткачик И. Б.**  
**Научный руководитель: к. т. н., доцент Волчек Ан. А.**  
ПЛАСТИКОВАЯ УПАКОВКА И ЕЁ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ЧЕЛОВЕКА..... 56

## ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Буров А. А., Бойко Д. О., Швецова Е. В.**  
**Научный руководитель: к. т. н., доцент Шуть В. Н.**  
АЛГОРИТМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ..... 62

<b>Волк И. А., Кононов Э. М., Заваленый Д. О.</b> <b>Научный руководитель: к. т. н., доцент Шуть В. Н.</b> ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАССАЖИРОПОТОКА В ГОРОДСКОМ ТРАНСПОРТЕ .....	66
<b>Дегтярик И. А.</b> <b>Научные руководители: к. ф-м. н. Гладковский В. И., Борушко В. В.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ «ЭФФЕКТА МПЕМБЫ» .....	69
<b>Кисинский П. А., Рындюк Е. М.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Винник Н. С.</b> ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В СИСТЕМЕ AutoCAD ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ .....	71
<b>Ковальчук А. В.</b> <b>Научный руководитель: Золотухина Л. С.</b> АВТОКОРРЕЛЯЦИЯ ОСТАТКОВ .....	73
<b>Кульбеда Д. И.</b> <b>Научный руководитель: к. т. н., доцент Костюк Д. А.</b> ВЫВОД ОПЕРАТИВНОЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА БАЗЕ УМНОГО ЗЕРКАЛА .....	77
<b>Кульбеда Д. И.</b> <b>Научный руководитель: к. т. н., доцент Костюк Д. А.</b> ВСТРАИВАЕМОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ ТАБЛО С ФУНКЦИЕЙ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ .....	81
<b>Николаев М. В.</b> <b>Научные руководители: ст. преподаватель Хомицкая Т. Г.,</b> <b>ст. преподаватель Лизун Л. В.</b> РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О НАЗНАЧЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРЕМЫ ХОЛЛА .....	84
<b>Привалов А. О.</b> <b>Научный руководитель: к. т. н., доцент Хведчук В. И.</b> СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СЕТЕВЫМИ ВИДЕОПОТОКАМИ .....	88
<b>Rakhlei V.</b> <b>Supervisor: PhD, Associate Professor Lebed S.</b> APPLET FOR THE GEOMETRIC INTERPRETATION OF THE DERIVATIVE .....	91
<b>Ярошук К. Е., Осоприлко М. О.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Морозова В. А.</b> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ АВТОЦИСТЕРНЫ АЦ-5,0-40 С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПАС-3D .....	94
<b>ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА</b>	
<b>Антоновский П. А., Деткович Ю. В.</b> <b>Научные руководители: к. т. н., доцент Григорьев В. Ф.,</b> <b>ст. преподаватель Дакало Ю. А.</b> ПРОВЕРКА ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ МОБИЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ СВЯЗИ .....	98

<b>Блаженец П. Г.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Ляшук Н. У.</b> РАЗРАБОТКА ВАКУУМНОЙ ВИБРОФАРШЕМШАЛКИ .....	101
<b>Вацкель Р. С.</b> <b>Научные руководители: Парфиевич А. Н., Сокол В. А.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ МНОГОВАЛЬНЫХ СИСТЕМ И ПРИВОДОВ НА ОСНОВЕ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ .....	103
<b>Волохов А. А.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Ляшук Н. У.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ФОРМОВАНИЯ СОСИСОК И САРДЕЛЕК. ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР .....	107
<b>Гаврилюк В. С., Шевчук Д. Л.</b> <b>Научные руководители: Онысько С. Р., Томашев И. Г.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ ПО ДЛИНЕ ОБРАЗЦА ИЗ МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ.....	111
<b>Гребенко В. А., Калиновская Е. А.</b> <b>Научный руководитель: Данилов Ю.Д.</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОТИВАЦИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕТИ ИНТЕРНЕТ СТУДЕНТАМИ ФАКУЛЬТЕТА ЭЛЕКТРОННО-ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ БрГТУ .....	115
<b>Дорофеев П. Е., Лущик М. А.</b> <b>Научные руководители: к. т. н., доцент Хвусевич В.М.,</b> <b>к. ф.-м. н., доцент Веремейчик А. И.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ И НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НОЖЕЙ КУТТЕРА .....	120
<b>Карпинчик А. В.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Омесь Д. В.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЗАВИСИМОЙ ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЯ В СРЕДЕ AUTODESK INVENTOR.....	123
<b>Кот А. В., Дудар Л. Н.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Ляшук Н. У.</b> СИСТЕМА МАШИН ДЛЯ МЯСОЖИРОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ УБОЯ И РАЗДЕЛКИ СВИНЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 250 Г/ЧАС.....	127
<b>Литвинович А. Н., Попеня А. А.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Ляшук Н. У.</b> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ УБОЯ И РАЗДЕЛКИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 80 Г/ЧАС .....	130
<b>Лицкевич И. В.</b> <b>Научный руководитель: м. т. н. Волощук А. А.</b> СИСТЕМЫ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТОРМОЖЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ .....	135
<b>Мартысюк А. С., Галах К. А.</b> <b>Научный руководитель: к. э. н., доцент Костенко Н. В.</b> ТРАНСПОРТНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ .....	139

**Пахомский П. В.**  
**Научный руководитель: к. т. н., доцент Прокопеня О. Н.**  
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДАМИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ..... 141

**Сакович Ю. В. Попеня А. А.**  
**Научный руководитель: Ляшук Н. У.**  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ УБОЯ И РАЗДЕЛКИ СКОТА ПО  
ТЕХНОЛОГИИ «ХАЛЯЛЬ» ..... 144

**Холодный В. В.**  
**Научный руководитель: к. т. н., доцент Ярошевич А. В.**  
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВЫБОР ДАТЧИКА РАЗНОСТИ ФАЗ СИСТЕМЫ  
АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ..... 147

**Челюк А. А.**  
**Научный руководитель: ст. преподаватель Добрияник Ю. А.**  
РЫЧАЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ С КВАЗИОСТАНОВКАМИ ..... 151

### ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

**Антипорович А. В.**  
**Научный руководитель: доцент Жук В. В.**  
О ВЛИЯНИИ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ  
ЭЛЕМЕНТОВ НА ЖЕСТКИХ НАГЕЛЬНЫХ ПЛАСТИНАХ СПОСОБА ИХ  
УСТАНОВКИ ..... 155

**Бовтрукевич П. С.**  
**Научный руководитель: ст. преподаватель Мартысюк Н. А.**  
ФОРМИРОВАНИЕ ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОСТРАНСТВА  
МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ С УЧЁТОМ  
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ ..... 158

**Буцамов Р. Р., Скуратов В. А.**  
**Научный руководитель: ст. преподаватель Чумичева Н. В.**  
УЛУЧШЕНИЕ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ  
ПОКРЫТИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПОСРЕДСТВОМ  
УСТРОЙСТВА ШЕРОХОВАТЫХ СЛОЕВ ..... 160

**Густова А. Ю.**  
**Научный руководитель: кандидат архитектуры, доцент Панченко Т. А.**  
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗУЧЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ ..... 163

**Дьякончук О. С.**  
**Научный руководитель: кандидат архитектуры, доцент Панченко Т. А.**  
СРЕДЫ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ В КОНТЕКСТЕ  
СЛОЖИВШЕЙСЯ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ ..... 168

**Евчук Д. И.**  
**Научный руководитель: к. т. н. Жданов Д. А.**  
АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЁТА ПРОФИЛИРОВАННЫХ ЛИСТОВ С  
ТРАПЕЦИЕВИДНЫМИ ГОФРАМИ ПРОИЗВОЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ..... 172

**Каковко В. И.**  
**Научный руководитель: к. т. н., доцент, профессор Уласевич В. П.**  
АЛГОРИТМ И ПРОГРАММА DresCAD ДЛЯ РАСЧЁТА  
НА ПРОЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ  
МАТРИЧНЫМ МЕТОДОМ ДЕФОРМАЦИЙ В PTS MathCAD ..... 176

<b>Кивачук С. В.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Фоменкова С. Ф.</b> АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДА БРЕСТА .....	188
<b>Китаевский Е. В., Назарук К. Р.</b> <b>Научный руководитель: к. т. н. Акулова О. А.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ БИОНИЧЕСКИХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ В AUTOCAD .....	193
<b>Кондратьев М. И.</b> <b>Научный руководитель: д. т. н. Найчук А. Я.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИПСОВОЛОКНИСТЫХ ЛИСТОВ.....	198
<b>Лазарук А. А.</b> <b>Научный руководитель: к. т. н., доцент Молош В. В.</b> РАСЧЕТ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ПЛОСКИХ ПЛИТ НА ДЕЙСТВИЕ НАГРУЗКИ, ПРИЛОЖЕННОЙ В ЦЕНТРЕ .....	201
<b>Лазарук А. А.</b> <b>Научные руководители: к. т. н., доцент Шалобыта Н. Н.,</b> <b>к. т. н., доцент Шалобыта Т. П.</b> ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ И УГЛЕПЛАСТИКА .....	206
<b>Лазарук А. А.</b> <b>Научные руководители: к. т. н., доцент Шалобыта Н. Н.,</b> <b>к. т. н., доцент Шалобыта Т. П.</b> ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НДС КОМПОЗИТНОГО ЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ ЦСП И УГЛЕПЛАСТИКА .....	209
<b>Ласкевич А. В.</b> <b>Научный руководитель: д. т. н. Найчук А. Я.</b> ДЛИТЕЛЬНАЯ ПРОЧНОСТЬ ОРИЕНТИРОВАННО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ ПРИ ОСЕВОМ РАСТЯЖЕНИИ В ПЛОСКОСТИ ПЛАСТИ.....	212
<b>Лешкевич Д. С., Романчук К. С.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Ондра Т. В.</b> КОНЦЕПЦИЯ РЕВАЛОРИЗАЦИИ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫХ ЦЕННОСТЕЙ МЕСТЕЧКА ШЕРЕШЕВО ПРУЖАНСКОГО РАЙОНА.....	216
<b>Лопошук А. Г.</b> <b>Научный руководитель: к. т. н., доцент Кривицкий П. В.</b> ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ГАЗОБЕТОНА – ЭЛЕМЕНТА ГРУППЫ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ.....	220
<b>Манюк Д. С., Симоник А. Н.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Матюх С. А.</b> ВИЗУАЛИЗАЦИЯ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ.....	223
<b>Мирошниченко К. А.</b> <b>Научный руководитель: д. т. н., доцент Найчук А. Я.</b> ДЛИТЕЛЬНАЯ ПРОЧНОСТЬ ГИПСОКАРТОННЫХ ЛИСТОВ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ.....	227

<b>Михайлова Н. В.</b> <b>Научный руководитель: к. т. н., доцент Кисель Е. И.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ .....	231
<b>Мишкевич Е. Д., Ткачук С. В.</b> <b>Научный руководитель: профессор Кондратчик А. А.</b> МЕХАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ АРМАТУРЫ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ С ПОМОЩЬЮ МУФТ .....	233
<b>Мойсеянчик Д. А.</b> <b>Научный руководитель: Воскобойников И. С.</b> «ФРИКЦИОННЫЙ СДВИГ» ПЛОСКИХ КОНТАКТОВ – 50 ЛЕТ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ.....	238
<b>Монтик Н. С.</b> <b>Научный руководитель: ст. преподаватель Головач А. П.</b> КОНЦЕПЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ УМНОГО УСТОЙЧИВОГО ГОРОДА «СИМБИОСИТИ–БРЕСТ» .....	240
<b>Перец М. А., Резанович Т. Н.</b> <b>Научный руководитель: кандидат архитектуры, доцент Кароза А. И.</b> ОСНОВЫ РЕЦИКЛИНГА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ.....	244
<b>Сапко Н. Н.</b> <b>Научные руководители: Ребров Г. Е., Игнатюк Т. В.</b> БЫСТРОВОЗВОДИМЫЕ МОДУЛЬНО-БЛОЧНЫЕ ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ .....	247
<b>Смулько Т. В.</b> <b>Научный руководитель: к. т. н., доцент Кандыбо С. Н.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРЕНОВ СООРУЖЕНИЙ БАШЕННОГО ТИПА.....	250
<b>Тричик В. В.</b> <b>Научный руководитель: к. т. н., доцент Тур Э. А.</b> ПРОТИВОСКОЛЬЗЯЩИЙ РАЗМЕТОЧНЫЙ АКРИЛОВЫЙ МАТЕРИАЛ КАК ЭКОЛОГИЧНОЕ РЕШЕНИЕ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ .....	255
<b>Хеук М. В.</b> <b>Научный руководитель: Холодарь Б. Г.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ СПОСОБОМ ДВУХ МОМЕНТОВ .....	258
<b>Чиргун Е. С.</b> <b>Научный руководитель: Ребров Г. Е., Игнатюк Т. В.</b> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА БЫСТРОВОЗВОДИМЫХ ЗДАНИЙ .....	261

Научное издание

# СБОРНИК КОНКУРСНЫХ НАУЧНЫХ РАБОТ СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ

## Часть I

Ответственный за выпуск: **Шешко Н. Н.**  
Редактор: **Боровикова Е. А.**  
Компьютерная вёрстка: **Боровикова Е. А., Романюк И. Н.**  
Корректор: **Никитчик Е. В.**

---

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 01.10.2019 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага «Performer». Гарнитура «Arial».  
Усл. печ. л. 15,81. Уч. изд. л. 17,0.  
Заказ № 1242. Тираж 50 экз.  
Отпечатано на ризографе Учреждения  
образования «Брестский государственный  
технический университет».  
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

ISBN 978-985-493-468-6



