



МИСИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет  
Институт инженерно-экологического  
строительства и механизации (ИИЭСМ)



Научно-техническая  
конференция

# ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ

по итогам  
научно-исследовательских  
работ студентов ИИЭСМ  
за 2015 - 2016 учебный год



СБОРНИК ДОКЛАДОВ

© НИУ МГСУ, 2016

ISBN 978-5-7264-1304-4



2016

- Н34 **Дни** студенческой науки [Электронный ресурс] : сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института инженерно-экологического строительства и механизации (14-18 марта 2016 г.) ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. — Электрон. дан. и прогр. (27,3 Мб). — Москва : НИУ МГСУ, 2016. — Режим доступа: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/> — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-7264-1304-4

Содержатся доклады студентов, представленные на научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов «Дни студенческой науки», посвященной 95-летию НИУ МГСУ. В рамках конференции работали следующие секции Института инженерно-экологического строительства и механизации НИУ МГСУ: секция энергоэффективности инженерных систем в строительстве, строительной теплофизики, отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, тепло- и газоснабжения; секция механизации строительства; секция организации, механизации, технологии жилищно-коммунального строительства и хозяйства; секция реконструкции и технической эксплуатации зданий; секция развития жилищно-коммунального комплекса; секция водоснабжения; секция водоотведения и водной экологии; секция способов и средств автоматического управления объектами инженерно-экологического строительства и жилищно-коммунального комплекса.

*Научное электронное издание*

*Ответственный за выпуск А.П. Андрианов*

*Доклады публикуются в авторской редакции.  
Авторы опубликованных докладов несут ответственность  
за достоверность приведенных в них сведений.*

Институт инженерно-экологического строительства и механизации  
(ИИЭСМ НИУ МГСУ).  
Тел.: +7 (495) 730-62-53  
e-mail: [iiesm@mgsu.ru](mailto:iiesm@mgsu.ru)

Сайт: [www.mgsu.ru](http://www.mgsu.ru)  
<http://mgsu.ru/universityabout/Struktura/Instituti/IIESM/kontakty/>

*Для создания электронного издания использовано:*  
Microsoft Word 2013, ПО Adobe Air

Верстка макета *Е.В. Орлов*

Подписано к использованию 10.05.2016. Уч.-изд. л. 30,4. Объем данных 27,3 Мб

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет»  
(НИУ МГСУ).  
129337, Москва, Ярославское ш., 26.  
Издательство МИСИ – МГСУ.  
Тел. (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95.  
E-mail: [ric@mgsu.ru](mailto:ric@mgsu.ru), [rio@mgsu.ru](mailto:rio@mgsu.ru)

# ОГЛАВЛЕНИЕ

## СЕКЦИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ, СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОФИЗИКИ, ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА, ТЕПЛО- И ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

<i>Давыдушкин А.В.</i> Выбор расчетного воздухообмена и его влияние на энергосбережение для закрытой подземной автостоянки .....	11
<i>Киричек Ю.А., Ландырев С.С.</i> Выявление возможностей лучистого отопления в жилых и административных помещениях при различной теплозащите в различных городах РФ .....	17
<i>Морозов А.А.</i> Управление воздушными потоками в чистых помещениях электронной промышленности.....	23
<i>Киричек Ю.А., Ландырев С.С.</i> Распределение тепловой нагрузки между системами лучистого отопления и вентиляции в жилых и административных помещениях .....	30
<i>Степаненко Ю.Е.</i> Тенденции изменения энергоэффективности ВВП Финляндии в начале 21 века.....	33
<i>Астанина О.В.</i> Непосредственный учет теплопроводных включений при расчете тепловых потерь помещениями жилого здания .....	37
<i>Кирюшин Д.А.</i> Экономическая оценка мероприятий по повышению уровня тепловой защиты ограждающих конструкций пешеходной галереи фабрики «Большевик».....	42
<i>Панченков А.В.</i> Удельные потери теплоты здания в зависимости от расположения оконного блока относительно слоя утеплителя.....	43
<i>Савина А.В.</i> Раздельный учет теплопроводных включений теплозащитной оболочки при расчете тепловой нагрузки на систему отопления здания аквапарка.....	48
<i>Семенюк Е.</i> Экономическое сравнение эффективности вариантов анкеровки в фасадной системе с тонким штукатурным слоем .....	53
<i>Соломыков А.С.</i> Возникновение и развитие показателя удельная теплозащитная характеристика здания.....	57

<i>Шипицын М.К.</i> Разработка математической модели нестационарного теплового режима деревянного здания в климатических условиях г. Москвы.....	61
<i>Ахметов М.И.</i> Автоматизация приточно-вытяжной установки с зональным распределением воздуха в загородном доме.....	67
<i>Гаврилова Н.Г.</i> Актуальность автоматизированной системы управления. Автоматизация индивидуального теплового пункта жилого дома ...	70
<i>Алексеев Е.С.</i> Автоматизация приточно-вытяжной вентиляции.....	75
<i>Капинос Н.Ю.</i> Автоматизация приточно-вытяжной вентиляции торгового центра.....	78
<i>Шилов И.В., Машинистов П.А.</i> Система энергоэффективного управления микроклиматом административного здания на базе ПЛК.....	80

## СЕКЦИЯ МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

<i>Гутарин А.А.</i> Автоматизированный мостовой бетонораздатчик для производства ЖБИ .....	84
<i>Бодрягин С.А.</i> Кинематика привода бегунов .....	87
<i>Григорьева М.Н.</i> Определение рациональных скоростей движения лопастей роторных бетоносмесителей .....	92
<i>Жердева Ю.А.</i> Критерии устойчивости механических свойств промышленных сталей.....	96
<i>Жердева Ю.А.</i> Оценка материалов по триадам относительных прочностных и пластических показателей.....	98
<i>Король Д.П.</i> Анализ конструкций виброплощадок с многокомпонентными колебаниями для формирования железобетонных изделий ....	101
<i>Черкасова Д.А., Можяев Е.А.</i> Технические характеристики и параметры средств механизации при строительстве моста у плотины Гувера .....	107
<i>Хомякова Т.В., Пищулин С.А.</i> Триботехнические особенности скважинных электроцентробежных насосов .....	112
<i>Горячевский О.С.</i> Об актуальности конечно-элементного моделирования развитых двутавров с перфорированной стенкой.....	114

<i>Шевченко Ю.С., Горячевский О.С.</i> Совершенствование несущих конструкций полукозлового крана конечно-элементным моделированием.....	120
---	-----

**СЕКЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ, МЕХАНИЗАЦИИ, ТЕХНОЛОГИИ  
ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА  
И ХОЗЯЙСТВА**

<i>Большаков М.С.</i> Оценка напряжённно-деформированного состояния железобетонных конструкций с учетом условий их эксплуатации .....	128
<i>Пещереёв А.А.</i> Особенности оболочек покрытия зонтичного типа .....	129
<i>Творогов А.В.</i> Технологические аспекты использования трубобетонных колонн в высотных зданиях объектов ЖКХ.....	131
<i>Андрейченко С.С.</i> Экологическая безопасность автотранспортной инфраструктуры городского хозяйства .....	134
<i>Ведерников Д.А.</i> К методике расчета экономического ущерба от переработки берегов водных объектов.....	136
<i>Христолюбов Е.П., Харькин Ю.А.</i> Вопросы качества светопрозрачных ограждающих конструкций .....	140
<i>Моносов Ю.В.</i> Опыт применения системы автоматизированного мониторинга несущих конструкций большепролетных зданий.....	144
<i>Пискунов Е.В.</i> Реконструкция части жилой территории микрорайона «Красная горка» г. Люберцы .....	146
<i>Серганова Н.А.</i> Перенос подземных коммуникаций при строительстве участка третьего пересадочного контура Московского метрополитена .....	147
<i>Зебрева М.Ю.</i> Основные подходы к построению организационно-технологических моделей .....	150
<i>Козлова А.В.</i> Особенности организационно-технологических моделей линейных объектов.....	152

## СЕКЦИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ

<i>Брикульский Н.С.</i> Реконструкция индустриального жилого фонда.....	155
<i>Воскобойник Д.С.</i> Коттеджное строительство (отечественный опыт).....	158
<i>Максимов И.Д.</i> Нанотехнологии при экологической реконструкции города .....	164
<i>Новиков В.Ю.</i> Обзор зарубежного опыта использования подземного пространства крупных городов .....	168
<i>Демуцкая Ю.А.</i> Особенности эксплуатации системы бельепровода ....	174
<i>Солнцева А.А.</i> Использование подземного пространства при реконструкции крупного города (российский опыт) .....	177
<i>Шевякова Ю.В.</i> Использование подземного пространства на примере Москвы .....	183
<i>Толстая М.А.</i> Эксплуатация сухих холодных мусоропроводов в современных жилых зданиях .....	187

## СЕКЦИЯ РАЗВИТИЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

<i>Кимяева Е.В.</i> Анализ проекта реконструкции восточной части города Балашихи Московской области .....	193
<i>Нурбеков Т.</i> Современные асфальтобетонные смеси .....	195
<i>Подгорных С.Е.</i> Принципы организации мониторинга технического состояния городских объектов .....	196
<i>Рамазанов Н.С.</i> Исследование композитной арматуры в транспортном строительстве .....	198

## СЕКЦИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

<i>Гимазиева Д.Р.</i> Влияние гидравлического сопротивления пресс-фитингов на общие потери напора в полимерных трубопроводах .....	202
<i>Гусарова А.А., Евтюхов Д.М.</i> Водоснабжение Египта .....	207

<i>Калиниченко Н.В., Пелевина О.С.</i> Водозаборные сооружения на водохранилищах .....	209
<i>Кузнецов К.Н., Пиунков А.В., Говоров В.О.</i> Интенсификация процесса очистки маломутных цветных вод.....	213
<i>Мельников Ф.А.</i> Ресурсосберегающая технология кондиционирования подземных вод .....	216
<i>Пелипенко А.А.</i> Зарубежный опыт в вопросах бестраншейного удаления трубопроводов .....	221
<i>Прокопьева А.И.</i> Восстановление ветхих участков трубопроводов из серого чугуна с использованием технологии gray-buster lining.....	223
<i>Худякова Д.Д., Шушкина М.С.</i> Перспективный метод удаления фитопланктона.....	229
<i>Иванов М.И., Симашев А.О.</i> Применение современных полимерных материалов при проектировании внутреннего противопожарного водоснабжения .....	233
<i>Зенкина А.Ю.</i> Применение титанового коагулянта в системе очистки природных вод.....	237
<i>Смирновская А.М.</i> К вопросу о возможности снижения потерь воды в НИУ МГСУ .....	240
<i>Шевченко М.А.</i> Модернизация системы водоснабжения кирпичного завода .....	244
<i>Демуцкая Ю.А.</i> Сантехнические приборы для домашних животных ...	249
<i>Толстая М.А.</i> Водоснабжение городов в Средние века.....	253
<i>Иванова А.Д.</i> Применение альтернативных технологий обеззараживания питьевой воды .....	257
<i>Толстая М.А.</i> Системы водоснабжения – основа развития современного общества.....	261
<i>Конорева Д.И.</i> Электродные и пеллетные котлы для отопления и горячего водоснабжения в частных домах.....	264
<i>Семенкова В.В.</i> Изучение эффективности применения «зеленых» ингибиторов при опреснении воды Черного моря методом обратного осмоса .....	266



<i>Шорин Д.А.</i> Автоматизация станции повышения давления .....	272
<i>Иващенко А.С.</i> К автоматизации осветления воды .....	276
<i>Мокеева Д.О.</i> Автоматизация систем водоснабжения .....	278
<i>Трухина А.А.</i> Автоматизация процессов фильтрации воды .....	281

## **СЕКЦИЯ ВОДООТВЕДЕНИЯ И ВОДНОЙ ЭКОЛОГИИ**

<i>Гусарова А.А.</i> Автоматизация сооружений очистки ливневых вод .....	285
<i>Еремеев А.В., Пелипенко А.А.</i> Условия автотермичности при сжигании осадка .....	287
<i>Павленко А.И.,</i> Расщепление жиров селекционированной бактериальной популяцией .....	291
<i>Пелипенко А.А.</i> Исследование очистки дренажных вод полигона ТБО .....	295
<i>Прохоров Е.Е.</i> Автоматизация станций очистки городских сточных вод .....	298
<i>Пудова А.А.</i> Автоматизация сооружений очистки сточных вод .....	302
<i>Мугаттарова А.М.</i> Автоматизация канализационной насосной станции «Яузская» .....	305
<i>Цветков Е.А.</i> К автоматизации аэротенков .....	309
<i>Юнчина М.Н.</i> Производство и использование биогаза как альтернативного энергоносителя .....	312
<i>Белаши О.А.</i> Биореакторы с развитой активной поверхностью – современное направление очистки сточных вод .....	315
<i>Воронцов Д.Е.</i> Некоторые особенности инженерно-геологических изысканий для строительства водоотводящих сетей на городских территориях (на примере г. Москвы) .....	319
<i>Смирновская А.М.</i> Применение мембранных биореакторов для очистки сточных вод .....	322
<i>Еремеев А.В.</i> Международное сотрудничество российской федерации в области охраны экологии и защиты окружающей среды .....	326
<i>Демуцкая Ю.А.</i> Ситуация с подземными коммуникациями водоснабжения и водоотведения в современном мире .....	332

<i>Кузнецова Е.Н.</i> Очистка сточных вод гальванического производства.....	335
<i>Мифтахутдинова Л.Ф.</i> Стабилизационная обработка оборотной воды промышленных предприятий .....	338
<i>Большакова Т.И., Новиков С.О.</i> Мониторинг состояния водных объектов московско-окского бассейна .....	344
<i>Перова И.М.</i> Исследования особенностей очистки сточных вод за- вода по производству безалкогольных напитков .....	348
<i>Пышненко Е.В.</i> Применение намывных фильтров .....	350
<i>Шевченко М.А.</i> Мероприятия, приводящие к защите водных ресур- сов от загрязнения и истощения.....	355
<i>Данченко Н.С.</i> Шумы в системах водоснабжения и водоотведения.....	358
<i>Харламова А.К.</i> Особенности учета объемов сточных вод в систе- мах водоотведения.....	360
<i>Симашев А.О., Иванов М.И.</i> Использование высших водных расте- ний для очистки сточных вод.....	365

**СЕКЦИЯ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО  
УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО  
СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО  
КОМПЛЕКСА**

<i>Гусарова А.А.</i> Автоматизация ректификационной колонны .....	369
<i>Одноров Е.П.</i> Кибернетическая система обучения в учебном про- цессе.....	372
<i>Елманова Е.С.</i> Автоматизация охлаждения доменной печи.....	374

СЕКЦИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ  
ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ,  
СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОФИЗИКИ,  
ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ,  
КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА,  
ТЕПЛО- И ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

## **ВЫБОР РАСЧЕТНОГО ВОЗДУХООБМЕНА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ДЛЯ ЗАКРЫТОЙ ПОДЗЕМНОЙ АВТОСТОЯНКИ**

*Давыдушкин А.В., магистрант 1-го курса 1 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Гагарин В.Г., проф., д.т.н.*

Проектирование подземных автостоянок связано с рядом инженерных задач, одной из которых является определение расчетного воздухообмена. При выполнении данной задачи можно столкнуться с некоторыми разногласиями в нормативной литературе, из-за которых воздухообмен колеблется в значительном диапазоне. Влияние расчетного воздухообмена на мощность системы вентиляции и экономические параметры систем отопления и вентиляции рассмотрено на примере одного из проектов.

В качестве рассматриваемого проекта принята одноуровневая подземная автостоянка в г. Дмитрове площадью 3900 м<sup>2</sup>, рассчитанная на 153 машиноместа. Высота помещения автостоянки составляет 3,3 м. Въезд/выезд на территорию автостоянки осуществляется по двупутной изолированной рампе, площадью 400 м<sup>2</sup> и высотой 3,2 м. Всего на территории подземной автостоянки размещается 20 автомобилей малого класса, 100 автомобилей среднего класса, 30 автомобилей большого класса и 3 грузовых автомобиля малой грузоподъемности.

В помещениях автостоянки и рампы предусматривается отрицательный дисбаланс в размере 20%.

### **Определение расчетного воздухообмена**

На данный момент действуют два нормативных документа, на основании которых можно произвести расчет воздухообмена:

- ОНТП-01-91 «Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта»;
- «Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом)» с изменениями от 01.01.1999 г. (далее расчетный метод).

Расчет выбросов загрязняющих веществ по данным нормативным документам производится с использованием удельных показателей. По результатам расчетов максимальных разовых выбросов для помещений автостоянки и рампы по [4] и [5], определяются расчетные воздухообмены для каждого выделяющегося вредного вещества из условия ассимиляции до предельно допустимых концентраций [1, 3, 6].

Так как в рассматриваемом случае принято, что все автомобили имеют бензиновые двигатели, в расчетный состав вредных веществ входят: оксид углерода (CO), углеводородная группа (CH), окислы азота (NO<sub>x</sub>) и диоксид серы (SO<sub>2</sub>). Выделение данных веществ имеет разнонаправленное действие на организм человека, поэтому при определении воздухообмена выбирается наибольший из вычисленных для каждого вида вредностей.

Помимо рассчитанных воздухообменов по вышеуказанным методикам существует регламентируемая норма воздухообмена, согласно которой «расход вытяжного воздуха общеобменной вентиляции принимается по расчету, но не менее  $150 \text{ м}^3/\text{ч}$  на одно машиноместо при условии обеспечения кратности воздухообмена в час не менее двух» [2].

Результаты расчетов по определению воздухообмена для закрытой подземной автостоянки приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Расчетные воздухообмены по вредностям для подземной автостоянки**

	Метод расчета			
	ОНТП-01-91	расчетный метод	исходя из $150 \text{ м}^3/\text{ч}$ на машиноместо	исходя из $k = 2 \text{ 1/ч}$
<b>ПОДЗЕМНАЯ АВТОСТОЯНКА НА 153 МАШИНОМЕСТА</b>				
$L_B, \text{ м}^3/\text{ч}$	7510	12200	22950	25740
(%)	(61,6)	(100,0)	(188,1)	(211,0)
$L_{П}, \text{ м}^3/\text{ч}$	6010	9760	18360	20590
(%)	(61,6)	(100,0)	(188,1)	(211,0)
<b>РАМПА ПОДЗЕМНОЙ АВТОСТОЯНКИ</b>				
$L_B, \text{ м}^3/\text{ч}$	670	925	11700	2560
(%)	(72,5)	(100,0)	(1264,9)	(276,8)
$L_{П}, \text{ м}^3/\text{ч}$	540	740	9360	2050
(%)	(72,5)	(100,0)	(1264,9)	(276,8)

*Примечание:* В скобках приводятся значения воздухообменов в процентах от воздухообмена, определенного в соответствии с расчетным методом.

**Экономические показатели систем вентиляции и отопления при различных вариантах расчетного воздухообмена**

Полученные значения воздухообмена колеблются в большом диапазоне – это в значительной мере отразится на потреблении тепловой и электрической энергий и на капитальных затратах на устройство систем.

Для упрощения расчетов принимается, что система отопления – воздушная, все калориферы центральных установок и тепловоздушные завесы (далее ТВЗ) принимаются электрическими. Воздушное отопление, запроектированное на компенсацию теплотерь помещений и расхода теплоты на нагрев въезжающего транспорта, в расчетах не учитывается, т.к. оно используется во всех вариантах в одинаковой степени.

Для рассматриваемых 4-х вариантов будут различными величины расхода теплоты для электрических калориферов, мощности вентиляторов приточных установок и мощности ТВЗ, рассчитанных на нагрев воздуха, поступающего через ворота в рампу и на автостоянку.

Поскольку воздухообмены отличаются значительно, в расчете капитальных затрат учитывается стоимость воздуховодов с фасонными деталя-

ми. Цены воздухопроводов принимаются исходя из диаметров и длин, полученных по чертежам и в результате аэродинамического расчета. Принимается, что трассировка воздухопроводов для всех четырех вариантов неизменна. Также учитывается стоимость воздухораспределителей. Стоимость систем автоматики принимается в размере 25% от стоимости вентиляционных установок, стоимость монтажных и пуско-наладочных работ – 30% от общей стоимости системы, затраты на прочие расходы – 15% от общей стоимости смонтированной системы.

Результаты расчетов приведены в табл. 2 и в табл. 3.

Таблица 2

**Расходы теплоты и мощности оборудования**

	Метод расчета			
	ОНТП-01-91	расчетный метод	исходя из 150 м <sup>3</sup> /ч на машиноместо	исходя из k=2 1/ч
Суммарный дисбаланс, м <sup>3</sup> /ч	1630	2625	6930	5660
Мощности ТВЗ, Вт	6500	10450	27600	22540
Расход приточного воздуха на стоянке, м <sup>3</sup> /ч	6010	9760	18360	20590
Мощность эл. калорифера приточной установки стоянки, Вт	67813	110126	207164	232326
Расход приточного воздуха в рампе, м <sup>3</sup> /ч	540	740	9360	2050
Мощность эл. калорифера приточной установки рампы, Вт	6093	8400	105613	23131
Мощности вентиляторов, Вт	4550	9430	22580	16290

Годовые эксплуатационные затраты на потребление электроэнергии калориферами, ТВЗ и вентиляторами, согласно [8], определяются как:

$$\mathcal{E}_{\text{эл}} = \sum (Z_p \cdot n_p \cdot N_y) \cdot C_{\text{эл}}, \text{ руб/год}, \quad (1)$$

где  $Z_p$  – число часов работы оборудования в сутки, ч/сут, 12 ч/сут (работа установок в режиме проветривания не учитывается);  $n_p$  – число рабочих суток оборудования в году, сут. Для вентиляторов принимается равным  $n_p = 250$  сут/год, для калориферов и ТВЗ – определяется как  $(t_B - t_{\text{от}}) \cdot Z_{\text{от}} / (t_B - t_{\text{НС}}^{0,92})$ . Продолжительность периода с температурой наружного воздуха  $\leq 5$  °C составит 90 % от полученного значения,  $n_p = (t_B - t_{\text{от}}) \cdot Z_{\text{от}} / (t_B - t_{\text{НС}}^{0,92}) = \{0,9 \cdot [5 - (-3,1)] \cdot 216\} / [5 - (-28)] = 48$  сут/год;

$N_y$  – установочная мощность оборудования, кВт. Поскольку вентиляторы работают на полную мощность только в течение часов пик, то расчет проводится с поправкой, равной 0,5;  $C_{ЭЛ}$  – стоимость электроэнергии, руб/кВт·ч, принимается по данным ОАО «Дмитровские электросети» по состоянию на февраль 2016 года равной  $C_{ЭЛ} = 4,18$  руб/кВт·ч.

Затраты на амортизационные отчисления определяются, в соответствии с [8], как:

$$\mathcal{E}_{AM} = 1,5 \cdot K / T_{AM}, \text{ руб/год}, \quad (2)$$

где  $K$  – капитальные затраты на устройство систем, руб;  $T_{AM}$  – расчетный срок оборудования, лет, равный 20 годам.

Результаты расчета представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Расчет капитальных и годовых эксплуатационных затрат**

	Метод расчета			
	ОНТП-01-91	расчетный метод	исходя из 150 м <sup>3</sup> /ч на машиноместо	исходя из $k=2$ 1/ч
<b>КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ</b>				
Приточные установки, руб	199683	305707	676303	520903
Вытяжные установки, руб	230891	307509	688326	523815
Система автоматики, руб	107644	153304	341157	261180
Воздуховоды с деталями, руб	529808	623703	971316	933313
Воздухораспределители, руб	47526	48410	56888	51844
ТВЗ, руб	18690	24988	54412	49976
Монтаж и пуско-наладка, руб	340273	439086	836520	702309
Прочие расходы, руб	221177	285406	543738	456501
Суммарная стоимость, руб	1695692	2188113	4168660	3499841
<b>ГODOVЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ЗАТРАТЫ</b>				
Электроэнергия, руб/год	222120	369659	961095	771466
Амортизационные отчисления, руб/год	127177	164108	312650	262488
Суммарные затраты, руб/год	349297	533767	1273745	1033954

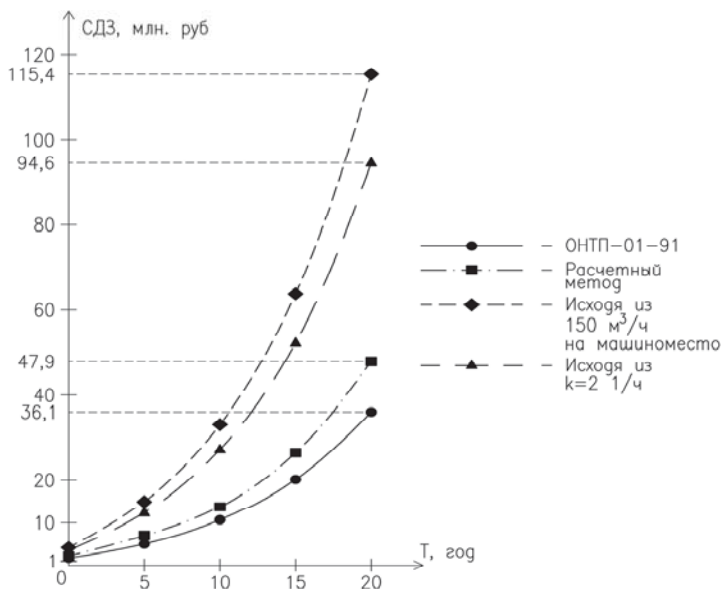
На основании ставки кредитования проводится расчет дисконтированных затрат.

Совокупные дисконтированные затраты (далее СДЗ), в соответствии с [8], определяются как:

$$\text{СДЗ} = K \cdot (1 + p/100)^T + \mathcal{E} \cdot [(1 + p/100)^T - 1] \cdot (100/p), \text{ руб}, \quad (3)$$

где  $p$  – ставка кредитования, которая соответствует ставке рефинансирования ЦБ РФ, заявленной на 2016 год,  $p = 11\%$ ;  $T$  – рассматриваемый период времени, лет.

Результаты расчета дисконтированных затрат представлены в виде графика в зависимости от рассматриваемого периода времени на рис. 1.



**Рис. 1.** График зависимости совокупных дисконтированных затрат в зависимости от периода времени

### Выводы

1. Основываясь на расчетах и полученных результатах, определение воздухообмена в соответствии с [5] является наиболее точным. Это связано с несколькими факторами:

А) При расчете по данной методике используются более подробные результаты исследований по выбросу загрязняющих веществ. В методике, приведенной в [4], данные исследований, представленные в зависимости от величины условного пробега, имеют обобщенный характер.

Б) В данной методике представляются более актуальные данные по выбросам вредных веществ в атмосферу от автомобилей. В сравнении с методикой, приведенной в [4], где используются прогнозные данные удельных выбросов загрязняющих веществ на период до 2000 года, данные опираются на проведенные исследования с автомобилями выпуска после 01.01.1994 года с учетом экологического стандарта Евро-2.



В) Расчет по данной методике является более подробным, так как отдельно учитываются этапы въезда/выезда автомобилей. В методике, приведенной в [4], используется величина ориентировочного условного пробега на автостоянке с учетом запуска двигателя.

2. Воздухообмен, определенный по [4], оказался заниженным в 1,5-2 раза по сравнению с расчетным.

3. Приведенные в [2] нормы воздухообмена оказались завышенными. В сравнении с результатами на основании произведенных расчетов, воздухообмен, определенный по [2] исходя из  $150 \text{ м}^3/\text{ч}$  на машиноместо, превышает эти значения в 2-13 раз! Эта методика совершенно не подходит для определения воздухообмена для рампы, поскольку при кратковременном пребывании даже значительного количества автомобилей не возникает потребности в столь больших расходах воздуха.

4. Воздухообмен, определенный по [2] исходя из двукратного, превышает расчетный в 2-3 раза. Наличие на территории автостоянки грузовых автомобилей, вследствие которых необходимо увеличивать высоту помещения, приводит к увеличению объема помещений на 20 %. При малом числе грузовых автомобилей это приводит к неоправданному увеличению расходов воздуха при двукратном воздухообмене. Такую норму можно принимать лишь для ориентировочных расчетов при недостатке исходных данных.

5. Расчет воздухообмена в соответствии с [4] приводит к наиболее рациональному расходованию денежных средств. Однако, учитывая вышеизложенное, следует отдавать предпочтение методике, приведенной в [5]. Несмотря на то, что это ведет к несколько большим затратам, данная методика наиболее точно учитывает выбросы от автомобилей, что в большей мере обеспечивает выполнение требований по разбавлению и удалению вредных газовойделений [6].

6. Выбор расчетного воздухообмена по регламентируемой норме согласно [2] приводит к неоправданно завышенному увеличению расходов воздуха, что влечет за собой значительное удорожание систем и большее потребление ресурсов, что в особенности заметно на крупных объектах.

7. Грамотный выбор расчетного воздухообмена для подземной автостоянки в данном случае позволил сэкономить 60% денежных средств, расходовемых на устройство систем вентиляции и воздушного отопления и на потребление ресурсов оборудованием. Поэтому при проектировании подземных автостоянок, в особенности рассчитанных на большое количество машиномест, имеет смысл проводить расчет воздухообмена из условия ассимиляции вредностей до предельно допустимых концентраций.

#### Библиографический список

1. СП 113.13330.2012 Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99\*. С изм. №1 от 12.05.2015. М.: Минрегион России, 2012.

2. МГСН 5.01.01. Стоянки легковых автомобилей. М.: Правительство Москвы, 2001.

3. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. М.: Минрегион России, 2012.
4. ОНТП-01-91 Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта. М.: Росавтотранс, 1991.
5. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом). С изм. от 01.01.1999. М.: Минтранс России, 1998.
6. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. С поправками от 01.04.2004. М.: ИПК Издательство стандартов, 1988.
7. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*. М.: Минрегион России, 2012.
8. Самарин О.Д. Вопросы экономики в обеспечении микроклимата зданий. Научное издание. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство АСВ, 2015. –136 с.
9. Садовская Т.И. Подземные автостоянки. Вентиляция и противодымная защита при пожаре. // Журнал АВОК.–2006. – № 5. – С. 18–28.

## **ВЫЯВЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЛУЧИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ В ЖИЛЫХ И АДМИНИСТРАТИВНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ТЕПЛОЗАЩИТЕ В РАЗЛИЧНЫХ ГОРОДАХ РФ**

*Киричек Ю.А., Ландырев С.С., студенты 4-го курса 22 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Малявина Е.Г., проф., к.т.н.*

Для выполнения подробных расчетов теплотеря различных помещений с лучистым потолочным отоплением была применена имеющаяся на кафедре отопления и вентиляции программа расчета стационарного теплового режима помещения [1]. При этом считалось, что температура воздуха по его высоте неизменна.

### **Цель работы**

Целью работы являлось выявление того, при какой теплозащите в различных городах РФ административные и жилые помещения могут без нарушения санитарных норм отапливаться потолочными лучистыми панелями.

В каждом варианте расчета рассматривалась кратность воздухообмена в помещении 0,5 1/ч при подаче приточного воздуха с температурой 16 °С.

Единственным необходимым критерием сравнения вариантов считалось поддержание одинаковой результирующей (по терминологии [2]) температуры помещения  $t_n$ , равной 20 °С.

Для расчетов были приняты города РФ с числом градусосуток отопительного периода при расчетной внутренней температуре, варьирующимся от 2500 °Ссут до 6500 °Ссут.

## Климатическая характеристика рассматриваемых городов

Город	Параметры наружного воздуха				ГСОИ, °С сут
	Расчетная температура, $t_n$ , °С	Продолжительность, сут, и средняя температура, °С, периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 8$ °С		Расчетная скорость ветра, $V_{\max}$ , м/с	
		продолжительность	средняя температура		
Краснодар	-14	145	2,5	3,7	2538
Белгород	-23	191	-1,9	4,7	4183
Москва	-25	205	-2,2	2,0	4551
Архангельск	-33	250	-4,5	3,4	6125
Томск	-39	233	-7,9	2,4	6500

Сопротивление теплопередаче стен и окон (так как рассматривались только рядовые помещения) принималось в трех модификациях:

– 1: базовые требования к теплозащите – по табл. 3 СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий;

– 2: минимальные нормируемые требования с учетом применения к базовому значению для стен коэффициента 0,63 и 0,95 для окон;

– 3: санитарно-гигиенические требования для стен и окон. При этом следует отметить, что теплозащита стен соответствует нормам теплозащиты до их повышения. Что касается окон, то их сопротивление теплопередаче более, чем в 2 раза превышает нормы до их повышения.

В табл. 2 приведены в качестве примера для Краснодара и Томска варианты рассматриваемых размеров помещений, размеров окон и сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций. Для каждого города расчету подвергались 12 вариантов сочетаний различных размеров и сопротивлений теплопередаче.

Рассматривались помещения двух размеров: одно меньших размеров с отношением глубины помещения к ширине 1,57, другое – больших размеров с отношением глубины к ширине 0,68. В каждом помещении окна занимают 18 % или 40 % от площади фасада помещения.

### Постановка задачи

Рассчитывается помещение с известными сопротивлениями теплопередаче наружных ограждений и с внутренними ограждениями, отделяющими рассматриваемое помещение от помещений с такой же, как в нем, температурной обстановкой. Расчет заключается в решении системы уравнений тепловых балансов внутренних поверхностей всех ограждений помещения, в которой неизвестными являются температура каждой поверхности, обращенной в помещение, и воздуха:

$$k_j (t_n - \tau_j) + \alpha_{\kappa,j} (t_e - \tau_j) + \sum_{i=1}^I \alpha_{\lambda,j-i} (\tau_i - \tau_j) + q_{\lambda,j} = 0, \quad (1)$$

и воздуха (в докладе представлены варианты расчета для случаев, когда в помещение вносится лучистая и конвективная теплота от нагретого потолка и конвективная теплота с вентиляционным воздухом):

$$\sum_{i=1}^I \alpha_{\kappa,i} (\tau_i - t_e) A_i + Q_{\kappa} + L_{\text{вент}} c \rho_{\text{вент}} (t_{\text{вент}} - t_e) + L_{\text{инф}} c \rho_{\text{инф}} (t_{\text{инф}} - t_e) = 0, \quad (2)$$

Таблица 2

**Характеристика вариантов расчета административного помещения**

Город	№ варианта	Размеры наружной стены			Размеры окна		Сопrotивление теплопередаче ограждающих конструкций здания, м <sup>2,0</sup> С/Вт			
		Ширина, м	Глубина, м	Высота, м	Ширина, м	Высота, м	жилого		административного	
							R <sub>ст</sub>	R <sub>ок</sub>	R <sub>ст</sub>	R <sub>ок</sub>
Краснодар	1	3,5	5,5	2,7	1,7	1	2,28	0,34	1,96	0,33
	2						1,44	0,32	1,23	0,31
	3						0,65	0,34	0,56	0,33
	4				3,2	2,4	2,28	0,34	1,96	0,33
	5						1,44	0,32	1,23	0,31
	6						0,65	0,34	0,56	0,33
	7	12,5	8,5	3,5	3,6	2,2	2,28	0,34	1,96	0,33
	8						1,44	0,32	1,23	0,31
	9						0,65	0,34	0,56	0,33
	10				10,9	3,2	2,28	0,34	1,96	0,33
	11						1,44	0,32	1,23	0,31
	12						0,65	0,34	0,56	0,33
Томск	1	3,5	5,5	2,7	1,7	1	3,68	0,63	3,15	0,53
	2						2,32	0,59	1,98	0,50
	3						1,13	0,63	0,97	0,53
	4				3,2	2,4	3,68	0,63	3,15	0,53
	5						2,32	0,59	1,98	0,50
	6						1,13	0,63	0,97	0,53
	7	12,5	8,5	3,5	3,6	2,2	3,68	0,63	3,15	0,53
	8						2,32	0,59	1,98	0,50
	9						1,13	0,63	0,97	0,53
	10				10,9	3,2	3,68	0,63	3,15	0,53
	11						2,32	0,59	1,98	0,50
	12						1,13	0,63	0,97	0,53

где:  $k'$  – неполный коэффициент теплопередачи каждого ограждения, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);  $t_n$  – температура среды за ограждением, °C, для наружных ограждений  $t_n$  равна температуре наружного воздуха, для внутренних – температуре самого помещения;  $\tau$  – температура внутренней поверхности ограждения, °C;  $t_b$  – температура внутреннего воздуха помещения, °C;  $\alpha_k$  – коэффициент конвективной теплоотдачи внутренней поверхности ограждения, Вт/(м<sup>2</sup>·°C), рассчитывается с учетом подвижности воздуха помещения;  $\alpha_l$  – коэффициент лучистой теплоотдачи внутренней поверхности ограждения, Вт/(м<sup>2</sup>·°C), рассчитывается с учетом разности четвертых степеней температуры теплообменивающихся поверхностей и при точном расчете коэффициентов их взаимной облученности  $\phi_{i-j}$ ;  $q_l$  – поверхностная плотность лучистого теплового потока лучистого источника отопления на внутреннюю поверхность ограждения, Вт/м<sup>2</sup>;  $A$  – площадь внутренней поверхности ограждения, м<sup>2</sup>;  $Q_k$  – конвективный поток отопления (например, воздушного), поступающего в воздух помещения Вт;  $L_{\text{вент}}$ ,  $L_{\text{инф}}$  – расход вентиляционного и инфильтрационного воздуха в помещение, м<sup>3</sup>/с;  $c$  – теплоемкость воздуха, Дж/(кг·°C);  $\rho_{\text{вент}}$ ,  $\rho_{\text{инф}}$  – плотность вентиляционного и инфильтрационного воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $t_{\text{инф}}$  – температура инфильтрационного воздуха, °C, принята равной температуре наружного воздуха;  $i$  – индекс поверхности рассматриваемой ограждающей конструкции;  $j$  – индекс поверхностей, окружающих поверхность рассматриваемой ограждающей конструкции.

Радиационная температура помещения  $t_R$  считалась, как средневзвешенная по площадям, обращенным в помещение:

$$t_R = \frac{\sum \tau_i \cdot A_i}{A_o}, \quad (3)$$

где  $A_o$  – суммарная площадь внутренних поверхностей, обращенных в помещение, м<sup>2</sup>. Остальные обозначения такие же как в уравнениях (1), (2).

Программа при реализации каждого варианта автоматически перебирала величины отопительной нагрузки до достижения заданной результирующей температуры (с точностью до 0,001 °C).

### **Результаты расчета**

Результаты расчета показали, что в каждой из этих трех градаций: базовых, минимально нормируемых и санитарно-гигиенических требований к сопротивлению теплопередаче необходимая температура поверхности греющей панели и на внутренних поверхностях массивных ограждений для различных городов практически одинакова, что видно из табл. 3 для жилых зданий и табл. 4 для административных зданий.

В табл. 3 и 4 представлены упомянутые значения температуры в качестве примера для Краснодара и Томска при неподвижном воздухе.

## Температурная обстановка жилого помещения

№ варианта	Город	Температура внутренней поверхности ограждающих конструкций, воздуха помещения и радиационная, °С							
		потолка	пола	Стены с окном	боковых стен	торцевой стены	окна	воздуха	радиационная
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Краснодар	22,88	20,14	18,0	20,06	20,16	7,92	19,71	20,29
2		23,49	20,14	16,87	20,04	20,17	7,27	19,69	20,31
3		25,08	20,17	13,42	20,0	20,22	8,05	19,63	20,37
4		26,60	20,23	18,33	20,01	20,28	8,13	19,53	20,47
5		27,11	20,24	17,14	20,00	20,29	7,46	19,51	20,49
6		27,13	20,23	13,52	19,99	20,29	8,16	19,52	20,48
7		22,52	20,25	18,00	20,12	20,10	7,75	19,62	20,38
8		23,02	20,27	16,85	20,09	20,09	7,10	19,6	20,4
9		24,34	20,35	13,36	19,99	20,09	7,91	19,53	20,47
10		24,65	20,71	18,74	20,4	20,45	8,65	19,43	20,57
11		24,98	20,75	17,56	20,41	20,48	7,99	19,41	20,59
12		25,01	20,76	13,96	20,36	20,48	8,7	19,42	20,58
1	Томск	22,88	20,13	17,84	20,05	20,16	8,51	19,72	20,28
2		23,54	20,14	16,62	20,04	20,17	7,85	19,69	20,31
3		25,03	20,17	13,38	20,0	20,21	8,66	19,64	20,36
4		26,36	20,22	18,14	20,0	20,26	8,74	19,55	20,45
5		26,83	20,23	16,86	20,0	20,28	8,06	19,53	20,47
6		26,82	20,22	13,47	19,99	20,28	8,78	19,54	20,46
7		22,52	20,24	17,83	20,11	20,09	8,30	19,63	20,37
8		23,07	20,27	16,59	20,07	20,09	7,64	19,60	20,40
9		24,31	20,34	13,3	19,9	20,09	8,50	19,54	20,46
10		24,4	20,67	18,53	20,38	20,43	9,35	19,45	20,54
11		24,74	20,72	17,28	20,39	20,46	8,69	19,43	20,57
12		24,75	20,72	13,92	20,33	20,46	9,41	19,45	20,55

В помещениях с большими окнами требуется более высокая температура греющих панелей. Естественно, что в административных помещениях температура потолочной панели тоже выше, чем в жилом помещении, так как в жилом нормы сопротивления теплопередаче наружных ограждений несколько выше.

Интересно сравнить полученные значения температуры панели с допустимым по второму условию комфортности В.Н. Богословского [3], которое ограничивает температуру нагретой поверхности допустимой величиной  $\tau_{п}^{\text{доп}}$ , °С,

$$\tau_R^{don} = 19,2 + \frac{8,7}{\varphi_{г.ч-п}} \quad (4)$$

где  $\varphi_{г.ч-п}$  – коэффициент облученности с элементарной площадки на голове человека на нагретую панель.

Таблица 4

Температурная обстановка административного помещения

№ варианта	Город	Температура внутренней поверхности ограждающих конструкций, воздуха помещения и радиационная, °С							
		потолок	пола	стены с окном	боковых стен	торцевой стены	окна	воздуха	радиационная
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Краснодар	23,59	20,14	17,68	20,05	20,16	7,60	19,70	20,30
2		23,78	20,15	16,37	20,03	20,18	6,91	19,68	20,32
3		25,07	20,18	12,47	20,00	20,24	7,74	19,61	20,39
4		26,86	20,24	18,00	20,00	20,28	7,80	19,52	20,48
5		27,35	20,25	16,62	20,00	20,30	7,09	19,50	20,51
6		27,40	20,23	12,54	19,98	20,30	7,84	19,51	20,49
7		22,67	20,25	17,67	20,11	20,11	7,42	19,61	20,39
8		23,26	20,28	16,34	20,07	20,09	6,74	19,59	20,41
9		24,77	20,37	12,39	19,97	20,10	7,61	19,50	20,50
10		24,79	20,73	18,41	20,41	20,46	8,33	19,42	20,58
11		25,15	20,78	17,05	20,42	20,49	7,63	19,36	20,61
12		25,21	20,78	12,99	20,36	20,50	8,36	19,41	20,59
1	Томск	23,74	20,19	17,50	20,00	20,24	6,74	19,60	20,40
2		24,04	20,16	16,09	20,03	20,19	5,89	19,66	20,34
3		25,29	20,15	12,40	20,05	20,17	6,57	19,69	20,31
4		27,37	20,25	17,85	20,01	20,30	6,83	19,49	20,51
5		27,87	20,26	16,37	20,00	20,32	6,13	19,46	20,54
6		27,89	20,25	12,51	19,99	20,32	6,87	19,48	20,52
7		22,86	20,27	17,49	20,10	20,11	6,35	19,60	20,40
8		23,48	20,30	16,05	20,07	20,09	5,67	19,57	20,43
9		24,90	20,38	12,32	19,98	20,10	6,56	19,49	20,51
10		25,11	20,77	18,29	20,43	20,49	7,49	19,39	20,61
11		25,47	20,82	16,84	20,44	20,52	6,81	19,36	20,64
12		25,51	20,82	13,02	20,38	20,52	7,56	19,38	20,62

Для помещения высотой 2,7 м  $\varphi_{г.ч-п} = 0,84$ , для помещения высотой 3,5 м  $\varphi_{г.ч-п} = 0,92$ .

Значения допустимой температуры, выше которой не разрешена, температура поверхности панели потолочного отопления составляет:

– для помещения высотой 2,7 м  $\tau_{п}^{доп} = 29,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

– для помещения высотой 3,5 м  $\tau_{п}^{доп} = 28,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Из табл. 3 и 4 следует, что даже в помещениях с окнами, занимающими 40 % от фасада помещения, при существующих климатических нормах на расчетную температуру наружного воздуха потолочное отопление может возместить теплопотери, не выходя за рамки санитарно-гигиенических норм.

### Выводы

1. Если нормы теплозащиты помещений соблюдаются, то теплопотери помещений с одинаковыми размерами наружных ограждающих конструкций в различных городах РФ приблизительно равны.

2. При современных нормах на расчетные температуры наружного воздуха потолочное лучистое отопление может восполнить теплопотери жилых и административных помещений даже с остекленностью фасада помещения 40 % при условии плотных окон (инфильтрация не рассматривалась).

3. То, что при санитарно-гигиенических нормах сопротивления теплопередаче ограждений потолочное лучистое отопление может восполнить теплопотери, объясняется тремя причинами. Во-первых, сопротивление теплопередаче окон значительно увеличено по сравнению с принятым в 1990 годах. Во-вторых, окна стали значительно плотнее, что позволило не учитывать инфильтрацию. В-третьих, нагрев приточного наружного воздуха до  $16 \text{ }^{\circ}\text{C}$  возложен на воздухонагреватели приточной установки. То есть, следует проверить, сможет ли потолочная панель обеспечивать требуемый тепловой режим помещения при естественной вентиляции.

### Библиографический список

1. Малявина Е.Г. Локальная асимметрия радиационной температуры помещения // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды (Indoor and environment quality): материалы XI Международной научной конференции 23 марта – 15 апреля 2013г., г. Ханой / М-во образования и науки РФ, с. 157 – 161.

2. ГОСТ 30 494-2012. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.

3. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): Учебник для вузов. – 3-е изд. – С-Пб.: изд-во «АВОК СЕВЕРО-ЗАПАД», 2006.– 400 с.

### УПРАВЛЕНИЕ ВОЗДУШНЫМИ ПОТОКАМИ В ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Морозов А.А., магистрант 1-го курса 1 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Белова Е.М., доц., к.т.н.*

Чистым помещением называется помещение, в котором счетная концентрация взвешенных в воздухе (аэрозольных) частиц поддерживаются в определенных пределах. Основным принципом при вентиляции воздуха



чистого помещения является создание в нём избыточного давления по отношению к смежным с ним помещениям, высокая кратность воздухообмена, применение высокоэффективных фильтров, исключение образования застойных зон. Также в этих помещениях существуют требования к температуре и влажности воздуха, обеспечиваемые средствами кондиционирования.

Первое обеспечивается созданием в нем дисбаланса воздуха, то есть разности между количеством приточного и вытяжного воздуха.

Система фильтров состоит из фильтров 1 и 2 ступени очистки в центральном кондиционере и фильтры конечной очистки, находящимися в фальшпотолке, являющимися высокоэффективными HEPA-фильтрами при классе чистоты помещения ISO-6 и ниже или специальными сверхэффективными ULPA-фильтрами при классе чистоты ISO-5 и выше.

Исключение образования застойных зон достигается использованием схемы вентиляции «сверху-вниз». Воздухораспределители-фильтры располагаются в фальшпотолке, расположение же вытяжки зависит от класса чистоты: в нижней части стен помещения при классе ISO-6 и ниже и в перфорированном фальшполу при классе ISO-5 и выше. Также необходима ламинаризация воздушного потока на выходе из воздухораспределителя, так как при ламинарном потоке воздуха частицы грязи от людей и оборудования не разлетаются по всему помещению, а собираются потоком у пола. Это обеспечивается установкой ламинаризаторов. Они представляют собой пластиковую или металлическую решетку с размером ячеек от 10–50 мкм. Это решётка устанавливается ниже выходной плоскости фильтра.

Кратность воздухообмена является важнейшим фактором при вентиляции чистых помещений. В исследовании, проведенном ASHRAE в 2009 году при увеличении кратности воздухообмена с 4 до 8 концентрация вредных веществ уменьшилась в 10 раз.[1] При классах помещения ISO-7 кратность воздухообмена составляет порядка уже 20-70, ISO-6 порядка 70-160. Подобный воздухообмен сильно увеличивает энергопотребление. В целях энергосбережения необходимо снижать воздухообмен.

Особенностью вентиляции помещений электронной промышленности является повышенные требования к чистоте воздушной среды по аэрозольным частицам (в основном класс ISO-5 и выше), вследствие чего необходима установка сверхэффективных ULPA-фильтров, устройство вытяжки в перфорированных фальшполах для обеспечения однонаправленности потока вентиляционного воздуха. Уровень воздухообмена в данных помещения гарантированно высок, а значит необходимы мероприятия по управлению воздухообменом в целях энергосбережения.

Рассмотрим помещение фотолитографии, находящееся на заводе силовой электроники. Рекомендуемый класс помещения по ГОСТ Р ИСО 1464442002: ISO-2. Класс настолько высок по причине того, что в процессе фотолитографии пластины находятся в открытой окружающей среде и опасность загрязнения высока. Это обуславливает высокую вероятность отказа устройства в случае загрязнения. [2] Объём помещения составляет

92,7 м3. Для данного типа помещения класса ISO-2 вышеуказанный ГОСТ рекомендует однонаправленный поток воздуха со средней скоростью потока 0,3-0,5 м/с, вследствие чего применяем воздухообмен «сверху-вниз» с использованием вытяжки через перфорированный фальшпол. Рассчитаем требуемый по условиям чистоты воздуха воздухообмен:

$$Q = w \cdot A$$

где  $A$  - площадь потолка, м<sup>2</sup>;  $w$  - средняя скорость потока, м/с

$$Q = 0,5 \cdot 30,9 \cdot 3600 = 55620 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Соответственно кратность воздухообмена составит целых 600 ч<sup>-1</sup>.

Примем этот воздухообмен расчётным и рассчитаем приблизительные денежные затраты связанные с ним. Пусть данное помещение обслуживается одной приточно-вытяжной вент-установкой. При потерях, равных 600 Па подбираем 2 центробежных вентилятора ВРАН-9-125 Исп.5. Мощность двигателя вентилятора  $N_{\text{ном}}$  составит 13 кВт. Два вентилятора за 16-часовой рабочий день израсходуют 208 кВт·ч, что при тарифе в 4,68 руб/кВт·ч составит 1946 руб/день.

Определим затраты на работу системы кондиционирования воздуха в расчётный период.

Расход наружного воздуха составляет 2600 м<sup>3</sup>/ч

Затраты на подогрев воздуха в ОП

$$Q = L_n \cdot \rho_e \cdot 0,278 \cdot ((t_n - 0,5) - t_k),$$

где  $L_n$  – расход приточного воздуха;  $\rho_e$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $t_n$  – температура воздуха после воздухонагревателя, °С;  $t_k$  – температура воздуха перед воздухонагревателем, °С.

$$Q = 55620 \cdot 1,12 \cdot 0,278 \cdot (20,651 - 19,3) = 23323 \text{ Вт} = 0,02 \text{ Гкал} / \text{ч}$$

При 16 часовой работе системы и стоимости тепловой энергии 1558 руб/Гкал составит 500,2 руб/день.

Расход воды в камере орошения

$$G_w = L_o \cdot \rho_e (d_o - d_{cm}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг} / \text{ч}$$

где  $L_o$  – расход воздуха в камере орошения, м<sup>3</sup>/ч;  $\rho_e$  - плотность воздуха, кг/ м<sup>3</sup>;  $d_{cm}$  – влагосодержание воздуха на входе в камеру орошения, г/кг;  $d_o$  – влагосодержание воздуха на выходе из камеры орошения, г/кг

$$G_w = 9830 \cdot 1,12(10,7 - 8,4) \cdot 10^{-3} = 24,55 \text{ кг} / \text{ч}$$

При 16 часовой работе системы и стоимости холодной воды 28,17 руб/м<sup>3</sup> затраты составят 11 руб/день.

Затраты на подогрев воды

$$Q = G_w \cdot 1,16((t_m - t_{xв}) \cdot (1 + f_w)), \text{ Вт}$$

где  $G_w$  – расход приточного воздуха;  $t_m$  – температура мокрого термометра, °C;  $t_k$  – температура холодной воды, °C;  $f_w$  – коэффициент слива.

$$Q = 24,55 \cdot 1,16(14,7 - 5) \cdot (1 + 0,3) = 306,7 \text{ Вт}$$

При 16 часовой работе системы и стоимости тепловой энергии 1558 руб/Гкал составит 6,56 руб/день.

Определим затраты на работу электрооборудования:

Затраты на электрооборудование (в т.ч. освещение):

1) Лазерный генератор изображений ЭМ-5189. N = 5 кВт, 1 шт.

2) Установка контактной литографии ЭМ-5026А N = 1,2 кВт, 2 шт.

3) Установка двухсторонней отмывки УОФ-153 N = 2,2 кВт, 1 шт.

4) Установка химической отмывки Лада-М N = 6 кВт, 1 шт.

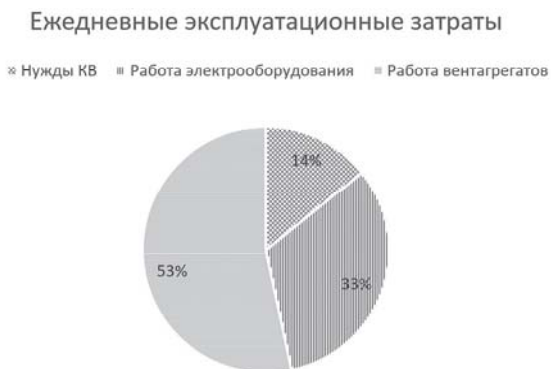
5) Освещение: лампа люминесцентная N = 36 Вт, 6 шт.

Суммарные затраты электроэнергии: 15,816 кВт·ч, что при 16 часовой работе оборудования и тарифе в 4,68 руб/кВт·ч составит 1184,3 руб/день.

Суммарные затраты на работу вентагрегатов в системе КВ: 1946 руб/день.

Суммарные затраты на нужды КВ: 517,8 руб/день.

Построим диаграмму по полученным данным (рис. 1).



**Рис. 1.** Ежедневные эксплуатационные затраты

Как видно, затраты на работу вентагрегатов имеют определяющее значение, а значит энергосбережение в подобных помещениях должно быть направлено на снижение расхода воздуха.

В целях энергосбережения необходимо снижать вплоть до нуля воздухообмен в нерабочее и ночное время. Наиболее оптимальным решением представляется управление кратностью воздухообмена в зависимости от концентрации аэрозольных частиц. В его основе лежит использование датчиков качества воздуха, реагирующих на изменение концентрации частиц в воздухе, снижая или увеличивая воздухообмен.

Когда их содержание ниже определенного уровня, кратность воздухообмена может быть снижена, так как нет необходимости разбавлять чистый воздух таким же чистым. Для определения состояния воздуха в чистых помещениях может использоваться инновационный подход, получивший название «мультиплексное измерение». Он заключается в том, что вместо установки множества датчиков в каждой комнате образцы воздуха по специальной сети поступают на единый набор сенсоров.

Каждые 40-50 секунд на центральный набор сенсоров, называемый также сенсорным модулем, поступает воздух из очередного помещения. Если один набор сенсоров отслеживает изменения состояния воздуха в 15-20 помещениях, то полный цикл его работы составит 15 минут.

Такой периодичности, согласно теоретическим выкладкам и эмпирическим данным, достаточно для определения необходимости увеличения или снижения кратности воздухообмена. [1]

Лазерный счетчик аэрозольных частиц позволяет отслеживать нормируемую концентрацию аэрозольных частиц. В отдельных случаях для определения концентраций вредных веществ используется фотоионизационный детектор, способный обнаружить присутствие в воздухе химикатов. Для расширения спектра определяемых примесей фотоионизационные датчики могут быть дополнены металлоксидными сенсорами.

Рекомендуемые значения воздухообмена, не учитывающие возможность его снижения при снижении концентрации частиц в воздухе зачастую оказываются сильно завышены по сравнению с реально необходимыми (средними), как видно на рис. 2.

Только в двух случаях рекомендуемые значения кратности воздухообмена оказались оправданы.

Определить выгоду возможно только лишь после установки системы управления воздухообменом и проведения замеров.

Рассмотрим пример реализации подобной системы. Подобная система управления была применена в качестве в Национальной лаборатории им. Лоуренса в Беркли в 11 помещениях. В результате было достигнуто снижение кратности воздухообмена с  $594 \text{ ч}^{-1}$  до, в среднем,  $372 \text{ ч}^{-1}$ . Экономия энергии составила порядка 75%, как видно на рис. 2 и рис. 3. В итоге ежегодная экономия составила \$ 138000/год. [3].

Определим срок окупаемости данного мероприятия.

Единовременные затраты:

1. Счётчик частиц P611 Handheld Laser Particle Counter x11 \$2895.

2. Автоматизация системы по данным компании Production Automation Corporation \$18425.

Суммарные затраты на реализацию управления воздухообменом: \$50270.

Расчёт времени окупаемости:

$$T_{ок} = \frac{-\ln(1 - pT_o / 100)}{\ln(1 + p / 100)}$$

где  $p$  – дисконтная ставка;  $T_o$  – бездисконтный срок окупаемости

$$T_o = \frac{\Delta K}{\Delta \Xi}$$

где  $\Delta K$  - затраты на энергосберегающее мероприятие, руб/год;  $\Delta \Xi$  - выгода от энергосберегающего мероприятия, руб/год.

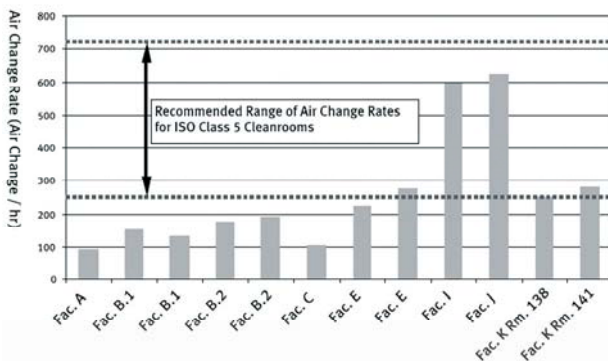


Рис. 2. Рекомендуемые и реально необходимые значения кратности воздухообмена для помещений Национальной лаборатории им. Лоуренса, ч<sup>-1</sup> [3]

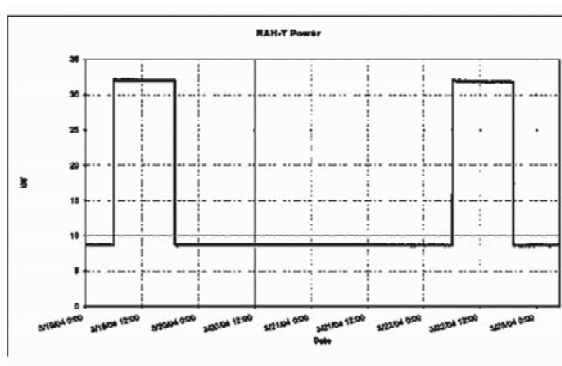
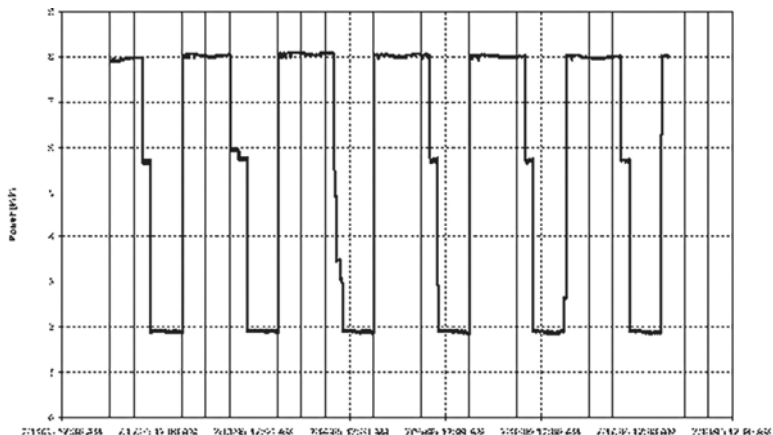


Рис. 3. Затраты энергии на работу вентиляторов до установки системы управления воздухообменом, кВт [3]



**Рис. 4.** Затраты энергии на работу вентиляторов после установки системы управления воздухообменом, кВт [3]

$$T_{ок} = \frac{-\ln(1 - 16 \cdot 2,745 / 100)}{\ln(1 + 16 / 100)} = 3,9 \text{ лет}$$

При эксплуатации чистых помещений существует необходимость экономии энергии ввиду больших значения воздухообмена, значительно удорожающих эксплуатационные затраты. Чем выше класс чистоты, тем более выражена составляющая затрат на работу вентиляторов в сумме всех эксплуатационных затрат. Наиболее сильно это проявляется на предприятиях электронной промышленности, помещения которых обладают наивысшими классами чистоты, а значит и наибольшим воздухообменом. В целях снижения эксплуатационных затрат на работу вентиляторов возможна установка системы автоматического управления воздухообменом в зависимости от концентрации в воздухе аэрозольных частиц. Ввиду небольшого срока окупаемости и значительной выгоды это полностью оправдано и экономически целесообразно. Единственным препятствием является невозможность определения экономической выгоды без установки данной системы и проведения замеров.

#### Библиографический список

1. Севрюкова Е.А. Управление воздухообменом в чистых лабораторных помещениях // Достижения вузовской науки. 2013. № 6. С. 118–121.
2. ГОСТ Р ИСО 14644-4-2002. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 4. Проектирование, строительство и ввод в эксплуатацию. 2002.
3. William Tschudi. High-Performance High-Tech Buildings. Pier final project report. – Berkeley.: LBNL, 2008. 48 с.

# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ МЕЖДУ СИСТЕМАМИ ЛУЧИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ В ЖИЛЫХ И АДМИНИСТРАТИВНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

*Киричек Ю.А., Ландырев С.С., студенты 4-го курса 1 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Малявина Е.Г., проф., к.т.н.*

В работе рассмотрено распределение тепловой нагрузки на потолочное лучистое отопление и вентиляцию жилых и административных помещений, варианты размеров и теплозащиты которых представлены в [1]. Теплотепери помещения, значения тепловых потоков от системы лучистого отопления на догрев приточного воздуха от 16 °С и на нагрев наружного воздуха с полукратным расходом в системе вентиляции до 16 °С представлены для жилых зданий в табл. 1 и административных в табл. 2.

Несмотря на большое расхождение в расчетных значениях температуры наружного воздуха для отопления: от -14 °С в Краснодаре до -39 °С в Томске, практически равными для разных городов можно считать теплопотери помещений в одинаковых вариантах. Расхождения в потребности в теплоте на догрев приточного воздуха от 16 °С до температуры воздуха помещения объясняется несколько разной температурой воздуха, формирующейся в разных вариантах теплозащиты при одинаковой результирующей температуре. Однако эти расхождения не превышают 6,5%.

Таблица 1

**Потребности в теплоте жилого помещения**

№ варианта	Город	Теплопотери помещения, Вт, рассчитанные по температуре			Потребность в теплоте, Вт, на			
		воздуха	регулирующей	внутренней поверхности наружных ограждений	догрев приточного воздуха	подогрев наружного воздуха	лучистое отопление	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Краснодар	283,1	285,6	280,2	32,7	297,0	312,8	609,8
2		360,3	363,6	356,9	32,5	296,8	389,4	686,2
3		569,2	575,4	563,8	32,0	296,3	595,8	892,1
4		783,3	794,4	781,6	31,1	295,3	812,7	1108,1
5		845,3	857,8	845,3	30,9	295,2	876,2	1171,4
6		848,5	860,6	847,3	31,0	295,3	878,3	1173,6
7		1311,5	1326,3	1294,9	228,2	2119,1	1523,1	3642,2
8		1667,6	1687,5	1649,1	226,8	2117,7	1875,9	3993,6
9		2629,6	2666,2	2603,0	222,7	2113,6	2825,7	4939,3
10		3559,4	3620,2	3644,0	216,1	2107,0	3860,1	5967,1
11		3847,1	3915,4	3951,8	214,7	2105,6	4166,5	6272,1
12		3885,0	3952,1	3981,6	215,8	2106,7	4197,4	6304,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Томск	282,1	283,5	280,4	32,7	517,3	313,1	830,3
2		365,2	367,1	363,1	32,5	517,1	195,6	912,7
3		560,4	563,9	557,2	32,0	516,6	589,3	1105,8
4		741,9	747,6	740,3	31,2	515,8	771,5	1287,3
5		806,5	813,0	805,7	31,1	515,6	836,8	1352,3
6		805,4	811,7	804,0	31,2	515,7	835,2	1350,9
7		1307,8	1316,2	1298,5	228,6	3695,2	1527,1	5222,3
8		1691,7	1703,2	1680,9	227,0	3693,6	1907,9	5601,6
9		2592,0	2612,5	2576,6	223,0	3689,6	2799,6	6489,2
10		3377,2	3408,7	3417,2	217,7	3684,4	3634,9	7319,3
11		3677,9	3713,6	3728,3	216,4	3683,0	3944,6	7627,6
12		3694,7	3729,6	3740,7	217,3	3683,9	3958,0	7641,9

Расхождения в значениях потребностей в теплоте на нагрев приточного воздуха в разных городах для одинаковых вариантов объясняется разными расчетными значениями температуры наружного воздуха. Представленный вариант расчета, когда норму вентиляционного воздуха подогревает система вентиляции, является щадящей для системы отопления, потому что в случае естественной вентиляции эта потребность в теплоте легла бы нагрузкой на потолочную панель лучистого отопления. Как видно из табл. 1 и 2, расход теплоты на подогрев наружного воздуха немногим меньше расхода на восполнение теплотерь. Поэтому вариант подогрева наружного воздуха в помещении еще предстоит проверить.

Таблица 2

### Потребности в теплоте административного помещения

№ варианта	Город	Теплотери помещения, Вт, рассчитанные по температуре			Потребность в теплоте, Вт, на			
		воздуха	результатирующей	внутренней поверхности наружных ограждений	догрев приточного воздуха	подогрев наружного воздуха	лучистое отопление	все-го
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Краснодар	306,9	309,6	303,8	32,6	296,9	336,5	633,4
2		396,9	400,7	393,3	32,4	296,7	425,7	722,4
3		638,3	645,7	632,8	31,8	296,1	664,5	960,6
4		810,3	822,0	809,3	31,0	295,3	840,3	1135,6
5		878,0	891,3	875,1	30,8	295,1	909,9	1204,9
6		885,8	898,7	885,4	30,9	295,2	916,3	1211,5
7		1421,2	1437,6	1404,1	227,8	2118,7	1631,9	3750,6



1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	Краснодар	1836,4	1859,0	1816,9	226,0	2116,9	2042,9	4159,8
9		2947,8	2991,4	2920,3	220,9	2111,8	3141,2	5252,9
10		3683,4	3747,6	3776,9	215,4	2106,3	3992,4	6098,7
11		3998,1	4070,7	4114,5	213,9	2104,8	4328,4	6433,2
12		4060,3	4132,3	4168,5	214,8	2105,7	4383,3	6489,0
1	Томск	656,1	660,6	653,2	31,7	516,2	684,9	1201,1
2		429,1	431,5	427,1	32,3	516,8	459,4	976,1
3		332,6	334,4	330,9	32,5	517,0	363,4	880,5
4		880,3	888,1	881,2	30,7	515,2	911,9	1427,2
5		950,3	959,0	952,6	30,5	515,0	983,1	1498,1
6		954,1	962,6	655,4	30,3	515,2	986,1	1501,2
7		1542,2	1552,8	1532,2	226,7	3693,4	1758,9	5452,3
8		1987,6	2002,2	1976,4	224,9	3691,5	2201,4	5892,9
9		3034,6	3061,0	3019,7	220,1	3686,7	3239,7	6926,4
10		4069,0	4049,0	4074,5	213,5	3680,1	4288,0	7968,1
11		4332,9	4380,2	4415,4	212,0	3678,6	4627,5	8306,1
12		4375,9	4422,4	4452,4	213,0	3679,6	4665,4	8345,0

Интересным показалось определить насколько точными является определение теплотерь помещения при лучистом отоплении по температуре внутреннего воздуха, результирующей температуре по отношению к определению теплотерь непосредственно по температуре внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций.

Вопрос о методе расчета теплотерь в помещениях с лучистым отоплением поднят потому, что в таких помещениях температура на внутренней поверхности наружных ограждений всегда несколько выше, чем при конвективном или лучисто-конвективном отоплении. Общепринятая методика расчета теплотерь ориентирована на расчет по температуре воздуха помещения:

$$Q_{mn1} = \Sigma k_i A_i (t_e - t_n). \quad (1)$$

Бытует мнение, что теплотери следует определять по результирующей температуре помещения (графа 4 в табл. 5 и 6):

$$Q_{mn2} = \Sigma k_i A_i (t_e - t_n). \quad (2)$$

Естественно, теплотери, рассчитанные по температуре внутренней поверхности наружных ограждений, самые правильные:

$$Q_{mn3} = \Sigma k_i^* A_i (t_e - \tau_{e,i}), \quad (3)$$

где  $k$  – коэффициент теплопередачи наружного ограждения, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);  $A$  – площадь теплоотражающего ограждения, м<sup>2</sup>;  $k^*$  – неполный коэффициент теплопередачи наружного ограждения, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);  $t_e$  – температура воздуха

помещения, поддерживаемая при лучистом отоплении, °С;  $t_{п}$  – температура помещения (результатирующая), °С;  $\tau_{в}$  – температура внутренней поверхности наружного ограждения, °С;  $i$  – номер наружного ограждения.

В уравнениях (1), (2), (3) сумма берется по всем наружным ограждающим конструкциям. В данном случае, так как рассматриваются рядовые помещения, суммируются теплопотери через стену и окно.

Табл. 1 и 2 свидетельствуют о том, что результаты расчетов по трем методикам имеют расхождение не более 10 %. То есть, в условиях рядовых помещений даже при остеклении фасада 40% и теплозащите стен по санитарно-гигиеническим условиям, а также при незначительной нагрузке на панель от вентиляционного воздуха (догрев от 16 °С до температуры воздуха помещения) температура внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций незначительно превосходит ту, которая формируется при конвективной и лучисто-конвективной системе отопления.

### **Выводы**

1. Расчет теплопотерь помещения при лучистом отоплении можно выполнять по общепринятой методике, ориентируясь на температуру воздуха помещения, т.к. расхождения с более точным определением теплопотерь по температуре внутренней поверхности наружного ограждения лежат в пределах точности инженерного расчета.

2. В дальнейшем необходимо проверить, возможно ли применять потолочную лучистую систему отопления при естественной вентиляции, когда потребность в теплоте на подогрев приточного воздуха ложится нагрузкой на систему отопления помещения.

### **Библиографический список**

1. Киричек Ю.А, Ландырев С.С. Выявление возможностей лучистого отопления в жилых и административных помещениях при различной теплозащите в различных городах РФ // Сб. статей внутривузовской научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов за 2015/2016 гг. 14 – 18 марта 2016 г. – МГСУ.

### **ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВВП ФИНЛЯНДИИ В НАЧАЛЕ 21 ВЕКА**

*Степаненко Ю.Е., студент 4-го курса 3 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Гагарин В.Г., проф., д.т.н.*

Финляндия как страна возникла в результате распада Российской империи в 1917 году. Однако самостоятельную Финляндия не могла существовать и поддерживалась сначала Германией, а после поражения Германии в Первой мировой войне – Великобританией. Финляндия неоднократно воевала против СССР, поскольку не была самостоятельной [1]. В то же время она существенно зависела экономически от СССР. По результатам Второй

мировой войны Советский Союз принудил Финляндию к миру и нейтралитету, что привело к значительному уменьшению военного бюджета страны, со временем – к существенному повышению уровня жизни населения. В последнее время страна сближается со странами блока НАТО, что неминуемо вызовет обострение отношений с Россией.

В то же время Финляндия зависит от экспортных поставок сырья и промышленных изделий, прежде всего энергоносителей из России. Стремление снизить энергетическую зависимость от России обуславливает политику интенсивного энергосбережения. С другой стороны, зависимость от стран НАТО в использовании новых технологий обуславливает принятие на себя обязательств по «борьбе с изменением климата».

Долгосрочная климатическая и энергетическая стратегия, принятая в 2008 г., определяет целевые показатели Финляндии в области энергоэффективности и борьбы с изменением климата. К 2050 г. эмиссия парниковых газов должна быть сокращена на 80% по сравнению с уровнем 1990 г., а энергоемкость экономики – снижена на 50%.

По определению, энергоэффективность экономики равна отношению ВВП по паритету покупательной способности (ППС) к потреблению энергии в стране. По данным ЦРУ, в структуре ВВП Финляндии на 2011 г. 67,8% занимает сфера услуг [2]. К сфере услуг относятся такие части экономики страны, как, например, банковский сектор, вложение которого в ВВП зависит от экономической и политической ситуации не только в стране, но и в мире. Следовательно, рост ВВП в Финляндии существенно определяется международными банками. В этом случае повышение энергоэффективности ВВП будет осуществляться или за счет увеличения ВВП или за счет снижения потребления энергии. В статье рассматривается изменение энергоэффективности экономики в первом десятилетии 21-го века.

Топливо-энергетический комплекс Финляндии характеризуется следующим образом. На территории Финляндии не добывается практически никаких топливных энергоресурсов, за исключением торфа. Примерно треть всей площади страны состоит из торфяников. «Торф используется, главным образом, для совместной генерации тепловой и электрической энергии. Практически весь энергетический уголь импортируется из России (75,3%) и США (7,3%)» [2].

Нефть в Финляндии на 87,8% импортируется из России и на 11,5% из Норвегии. Весь газ, который потребляется в Финляндии, экспортируется из России с 1974г. Причем, в отличие от многих стран ЕС, газ в Финляндию импортируется напрямую из России.

49,4% электроэнергии в Финляндии генерируются на ТЭС, затем идут АЭС и ГЭС. На возобновляемые источники энергии приходится 15,8% общей генерации электроэнергии. «Практически вся генерация на основе ВИЭ (без ГЭС) приходится на биомассу, что обусловлено значительными лесными ресурсами и отходами лесной промышленности» [2].

Основные показатели экономики Финляндии, полученные по данным [2], приведены в табл. 1.

## Основные показатели экономики и ТЭК Финляндии

Показатель	Ед. Изм.	2000	2005	2010	2011
<b>Экономика</b>					
ВВП по ППС	млрд. долл. США	126,8	160,1	186,3	195,7
ВВП на душу по ППС	долл. США	24467	30459	34661	36236
Прирост реального ВВП	% к предыдущему году	5,3	2,9	3,7	2,9
Совокупные инвестиции	% от ВВП	20,81	21,80	18,61	20,86
Инфляция	%, средняя потреб., цена	2,9	0,8	1,7	3,3
Безработица	% от эк. активного населения	9,8	8,4	8,4	7,8
<b>Нефть</b>					
Запасы	млн. т у.т.	-	-	-	-
Добыча	млн. т у.т.	0,17	0,25	0,64	0,7
Потребление	млн. т у.т.	14,73	15,16	14,58	13,8
Экспорт	млн. т у.т.	-	-	-	-
Импорт	млн. т у.т.	18,87	15	16	16,16
Переработка	млн. т у.т.	18	18	19,8	21,6
<b>Газ</b>					
Запасы	млн. т у.т.	-	-	-	-
Добыча	млн. т у.т.	-	-	-	-
Потребление	млн. т у.т.	4,8	5	5,4	4,7
Экспорт	млн. т у.т.	-	-	-	-
Импорт	млн. т у.т.	4,8	5	5,4	4,7
<b>Уголь</b>					
Запасы	млн. т у.т.	-	-	-	-
Добыча	млн. т у.т.	-	-	-	-
Потребление	млн. т у.т.	3,9	3,5	5,3	4,2
Экспорт	млн. т у.т.	-	-	-	-
Импорт	млн. т у.т.	3,9	3,6	4,5	5,3
<b>Электроэнергия</b>					
Уст. мощность	ГВт	16,3	16,5	16,7	н/д
Выработка	млн. т у.т.	24,1	24,3	27,8	23,3
Потребление	млн. т у.т.	27,2	29,2	30,1	нд
Экспорт	млн. т у.т.	0,1	0,3	1,8	1,3
Импорт	млн. т у.т.	4,2	6,2	5,4	6,1
Общее потребление энергии	млн. т у.т.	50,63	52,86	55,38	н/д
Численность населения	тыс. чел.	5182	5256	5375	5401
Потребление энергии на душу	т у.т./чел. год)	9,8	10,1	10,3	н/д

В трех последних строках этой таблицы приведены вычисления некоторых параметров. Общее потребление энергии в стране получено суммированием потребления энергии по видам топлива. Численность населения в стране получена делением ВВП по ППС на ВВП на душу по ППС. Потребление энергии на душу получено делением общего потребления энергии на

численность населения в стране. Из последней строки таблицы видно, что потребление энергии на душу населения в Финляндии в течение первого десятилетия 21-го века возростала.

Энергоэффективность ВВП получена делением ВВП по ППС на потребление энергии и представлена в табл. 2. Энергоемкость ВВП является величиной обратной к энергоэффективности.

Таблица 2

**Рассчитанные значения энергоэффективности и энергоемкости ВВП**

	2000	2005	2010	2011
Энергоэффективность ВВП, тыс. долл. США/т у. т.	2,5	3	3,4	н/д
Энергоемкость ВВП, т у. т./ тыс. долл. США	0,4	0,33	0,29	н/д

Данные таблицы показывают, что энергоэффективность ВВП выросла на 30% за десятилетие. В то же время потребление энергии на душу населения в стране также выросло на 5%. Следовательно, можно заключить, что энергоэффективность ВВП в Финляндии растет за счет роста ВВП, который в свою очередь определяется сферой услуг. Следовательно, энергоэффективность ВВП зависит от экономической ситуации в стране и мире. Возможное изменение энергоемкости ВВП по годам до 2050 г. представлено на рис. 1. при условии отсутствия мировых экономических кризисов.

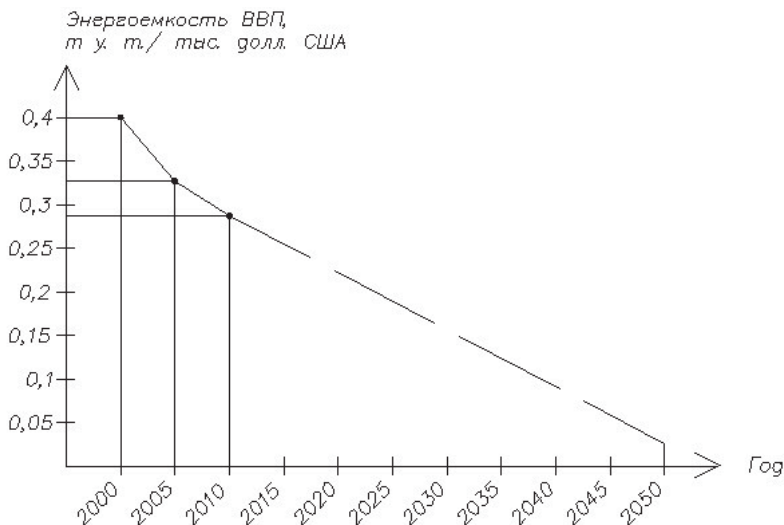


Рис. 1. Тенденция изменения энергоёмкости ВВП

1. Википедия: [Электронный ресурс] // Финляндия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Финляндия> (Дата обращения: 08.03.2016).
2. Российское энергетическое агентство: [Электронный ресурс]. URL <http://rosenergo.gov.ru/> (Дата обращения: 08.03.2016).

## **НЕПОСРЕДСТВЕННЫЙ УЧЕТ ТЕПЛОПРОВОДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ПОМЕЩЕНИЯМИ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ**

*Астанина О.В., магистрант 1-го курса 1 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Гагарин В.Г., проф., д.т.н.*

Рассмотрены два варианта расчета трансмиссионных потерь теплоты помещениями жилого здания при определении расчетной мощности системы отопления. Первый вариант расчета – определение единого приведенного сопротивления теплопередаче для всего здания в целом (далее вариант 1). Второй вариант – определение приведенного сопротивления теплопередаче для каждого помещения в отдельности (далее вариант 2).

Так же рассмотрен расчет добавки на угол в различных угловых помещениях с определением зависимости величины данной добавки от параметров помещений. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче выполнен с учетом линейных и точечных теплотехнических неоднородностей (мостиков холода) в соответствии с СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003». Во втором варианте расчета для упрощения работы при определении теплопотерь помещений используется матричный метод [2].

### **Введение**

В современных ограждающих конструкциях коэффициент теплотехнической однородности может достигать 0,6 – 0,7 и менее. Проектировщики же пользуются более завышенными значениями этого параметра, что в дальнейшем при определении мощности системы отопления может привести к переохлаждению некоторых помещений. При поэлементном расчете ограждающих конструкций используются точные физические параметры, что в свою очередь способствует корректному определению приведенного сопротивления теплопередаче.

Данная статья посвящена сравнению двух вариантов расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с использованием элементного подхода в расчете трансмиссионной составляющей нагрузки на систему отопления здания, а так же определению значения добавки на угол в угловых помещениях.

## Расчет трансмиссионной составляющей тепловых потерь помещений здания через наружные ограждения

Основная формула для определения коэффициента теплопередачи имеет вид:

$$K = \frac{1}{R_0^{\text{пр}}} = \left[ \sum (a_i \cdot U_i) + \sum (l_j \cdot \psi_j) + \sum (n_k \cdot \chi_k) \right], \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}),$$

где  $K$  – коэффициент теплопередачи несветопрозрачных наружных ограждающих конструкций помещения,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ;  $R_0^{\text{пр}}$  – приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций помещения,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ ;  $a_i$  – относительная площадь плоского элемента конструкции  $i$ -го вида, приходящаяся на  $1 \text{ м}^2$  ограждающей конструкции,  $\text{м}^2/\text{м}^2$ ;  $l_j$  – относительная протяженность линейной неоднородности  $j$ -го вида, приходящаяся на  $1 \text{ м}^2$  ограждающей конструкции,  $\text{м}/\text{м}^2$ ;  $n_k$  – относительное количество точечных неоднородностей  $k$ -го вида, приходящихся на  $1 \text{ м}^2$  ограждающей конструкции,  $\text{шт}/\text{м}^2$ ;  $U_i$  – коэффициент теплопередачи однородной  $i$ -й части ограждающей конструкции,  $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{°C}$ ;  $\psi_j$  – удельные потери теплоты через линейную неоднородность  $j$ -го вида,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ ;  $\chi_k$  – удельные потери теплоты через точечную неоднородность  $k$ -го вида,  $\text{Вт}/\text{°C}$ .

Удельные потери теплоты через теплотехнические неоднородности  $\psi$  и  $\chi$ , определяются по СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей».

Формула для расчета теплотерь помещения [1]:

$$Q_{\text{тр}} = K \cdot A \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot (1 + \sum \beta_i), \text{ Вт},$$

где  $A$  – суммарная площадь наружных ограждающих конструкций помещения,  $\text{м}^2$ ;  $t_{\text{в}}$  и  $t_{\text{н}}$  – температура воздуха внутри и снаружи соответственно,  $\text{°C}$ ;  $\sum \beta_i$  – сумма поправочных коэффициентов, без учета добавки на угол (так как она учтена в виде линейной теплотехнической неоднородности).

### Описание конструкции, выбранной для расчета

Фасад апартаментов запроектирован навесным с вентилируемой воздушной прослойкой. Фасад здания делится на секции, с 1 по 10 этаж, с 11 по 25 этаж и с 26 по 37 этаж. Наружные стены выполнены из монолитного железобетона толщиной, соответственно 300 мм, 250 мм, 200 мм. Толщина теплоизоляционного слоя фасада из минераловатных плит «Rockwool» составляет 160 мм. Утеплитель крепят к основанию тарельчатыми анкерами со стальным распорным элементом. Высота этажа от пола до пола 3400 мм. Толщина железобетонного перекрытия 200 мм. Толщина оконной рамы 70 мм, рама находится сразу за утеплителем.

По приложению А (СП 230.1325800.2015) для данной конструкции характерны следующие элементы:

- крепеж утеплителя (тарельчатый анкер);
- стыки с оконными плитами;
- примыкание к цокольному ограждению;
- кронштейны;
- сопряжения с перекрытиями и балконами.

Плоский элемент – стена по глади.

Среди перечисленных элементов некоторые отсутствуют в стенах рассматриваемого здания или оказывают незначительное влияние. В данном здании отсутствуют балконы и лоджии, а плиты перекрытия не пересекают утеплитель. Примыкание к цокольному ограждению утеплено таким образом, что дополнительные тепловые потери не возникают. Оставшиеся элементы подробно описаны ниже.

*плоский элемент 1* – железобетонная стена, утепленная снаружи слоем минераловатных плит;

*линейный элемент 1* – примыкание оконного блока к стене;

*линейный элемент 2* – углы выпуклые;

*линейный элемент 3* – углы вогнутые;

*точечный элемент 1* – тарельчатый анкер;

*точечный элемент 2* – кронштейны.

Первым вариантом расчета является определение единого приведенного сопротивления теплопередаче для всего здания, учитывая все линейные и точечные неоднородности конструкции. Далее в расчете теплопотерь используется найденный ранее коэффициент теплопередачи.

Каждому помещению свойственен свой индивидуальный набор геометрических и количественных характеристик всех типов элементов. Поэтому вторым вариантом расчета является определение приведенного сопротивления теплопередаче для каждого помещения в отдельности. Для расчета используем матричный метод, описанный в [2]. Данный метод успешно подходит для расчета многоэтажных зданий, ввиду большого количества помещений. В качестве примера рассмотрим расчет четырех помещений здания.

Значения коэффициентов теплопередачи для двух вариантов расчета сведены в табл. 1.

Таблица 1

**Коэффициенты теплопередачи наружной ограждающей конструкции жилого здания**

Помещение	Коэффициент теплопередачи наружной ограждающей конструкции, Вт/(м <sup>2</sup> ·°С);			
	Апартаменты			
	A.1	A.2	A.3	A.4
Вариант 1	0,328			
Вариант 2	0,294	0,287	0,293	0,285
Расхождение, %	10,4	12,5	10,7	13



Результаты расчетов тепловых потерь по двум вариантам представлены в табл. 2.

Таблица 2

### Трансмиссионные тепловые потери помещений жилого здания

Помещение	Апартаменты			
	А.1	А.2	А.3	А.4
Вариант 1	3258	2535	2382	2387
Вариант 2	3338	2609	2436	2492
Расхождение, %	-2,4	-2,8	-2,2	-4,2
Площадь остекления, %	41	42	45	31

Видно, что расхождение между полученными коэффициентами теплопередачи в среднем равняется 12 %, но в то же время расхождение между трансмиссионными тепловыми потерями – 2,9 %. Это вызвано тем, что в данных помещениях остекление занимает значительную площадь ограждения (более 40%), а коэффициент теплопередачи окон остается постоянным при расчете теплотерь для разных вариантов.

### Расчет добавки на угол

Рассмотрим расчет на примере одного этажа многоэтажного жилого здания.

Геометрические показатели помещений сведем в табл. 3.

$$l_i = \frac{L_i}{A_i}, \text{ м/ м}^2,$$

где  $l_i$  – удельный геометрический показатель  $i$ -го вида, м/ м<sup>2</sup>;  $L_i$  – суммарная протяженность  $i$ -го линейного элемента, м;  $A_i$  – площадь поверхности  $i$ -го фрагмента ограждающей конструкции для расчета, м<sup>2</sup>.

Таблица 3

### Геометрические показатели помещений

Номер помещения	Расчетная площадь $A_i$ , м <sup>2</sup>	Суммарная протяженность линейного включения $L_i$ , м	Удельный геометрический показатель $l_i$ , м/ м <sup>2</sup>
А.1	50,36	4,6	0,09123
А.2	39,4	1,2	0,030456
А.3	31,04	1,2	0,03865
А.4	51,6	1,2	0,0232

Для определения добавки на угол первоначально посчитаем теплопотери каждого углового помещения с учетом угла как линейного теплопроводного включения, а затем проведем те же расчеты, только уже без учета угла. Далее разделив одни теплопотери на другие, получим добавку на угол.

$$\beta = 1 - \frac{Q_{\text{тр}2}}{Q_{\text{тр}1}},$$

где  $\beta$  – добавка на угол;  $Q_{\text{тр}1}$  – трансмиссионные тепловые потери, рассчитанные с учетом добавки на угол, Вт;  $Q_{\text{тр}2}$  – трансмиссионные тепловые потери, рассчитанные без учета добавки на угол, Вт.

Таблица 4

#### Трансмиссионные тепловые потери

Помещение	Трансмиссионные тепловые потери, $Q_{\text{тр}}$ , Вт			
	A.1	A.2	A.3	A.4
$Q_{\text{тр}1}$	3258	2535	2382	2387
$Q_{\text{тр}2}$	3207	2522	2367	2375
Добавка	0,0155	0,00513	0,00618	0,00466

Заметим, что для каждого углового помещения получилась своя добавка на угол.

#### Вывод

В рассмотренном примере все помещения здания имели индивидуальный набор теплотехнических неоднородностей, что и привело к расхождению при расчете трансмиссионных тепловых потерь двумя вариантами. В данном случае определение приведенного сопротивления теплопередаче, с использованием второго варианта расчета было бы более точным, но в то же время этот вариант более трудоемкий, чем первый. В итоге расчета средняя величина расхождения по помещениям не превышает 10 %, вследствие равномерного остекления фасада. Поэтому использование второго метода расчета для таких помещений нецелесообразно.

Рассчитав добавки на угол, была установлена связь между данными добавками и удельными линейными геометрическими показателями для конкретных помещений. Проведенный анализ, позволил заметить, что индивидуальная угловая добавка зависит от геометрических характеристик помещения. Отношение длины линейного теплопроводного включения (угла) к расчетной площади наружного ограждения помещения (площадь без учета светопрозрачных конструкций) будет различна для всех помещений. Очевидно, что чем больше данное отношение, тем, соответственно, больше добавка на угол.

1. Сканави А.Н., Махов Л.М. Отопление: Учебник. – М: Издательство АСВ, 2008.

2. Гагарин В.Г., Неклюдов А.Ю. Учет теплотехнических неоднородностей ограждений при определении тепловой нагрузки на систему отопления здания // Журнал «Жилищное строительство» 2014. № 6. С. 3 – 7.

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ УРОВНЯ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПЕШЕХОДНОЙ ГАЛЕРЕИ ФАБРИКИ «БОЛЬШЕВИК»**

*Кирюшин Д.А., магистрант 1-го курса 2 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Гагарин В.Г., проф., д.т.н.*

В данной статье рассматривается, насколько эффективными являются мероприятия по увеличению термического сопротивления ограждающих конструкций на примере коммерческого здания атриума бывшей фабрики «Большевик».

Пешеходная галерея расположена между двумя корпусами бизнес центра, в качестве наружных ограждений применены светопрозрачные конструкции из термоизолированных алюминиевых профилей с двойным остеклением немецкого производства и коэффициентом теплопередачи равным  $0,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ .

Попробуем выяснить, стоило ли снижать значение коэффициента теплопередачи в два раза, а также каков срок окупаемости данных мероприятий при условии, что для Москвы коэффициент теплопередачи окон равен  $2,44 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ,  $R_{\text{тр}} = 0,41(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ , на установку оконных блоков и светопрозрачных ограждений было затрачено  $22,8 \text{ долл.}/\text{м}^2$ .

Для расчета периода окупаемости воспользуемся формулой [1]:

$$T_0 = \frac{-\ln\left(1 - \frac{w}{\omega}\right)}{\ln(1 + p)}$$

где  $w$  – фактические удельные единовременные затраты на снижение коэффициента теплопередачи ограждающей конструкции на  $1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , равные  $(-\Delta K/\Delta k)$ , долл. $^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ;  $w/\omega$  – относительные удельные единовременные затраты.

Согласно табл. 1 [1], величина  $\omega$  в Москве в 2007 году была равна  $16,7 \text{ долл.}^\circ\text{C}/\text{Вт}$ .

Величина удельных единовременных затрат равна:

$$w = \frac{22,8}{-\left(\frac{1}{1,42} - \frac{1}{0,41}\right)} = \frac{22,8}{1,8} = 12,6 \text{ долл.} \cdot \text{°C/Вт}$$

Величина относительных удельных единовременных затрат равна:

$$\frac{w}{\omega} = \frac{12,6}{16,7} = 0,75$$

Срок окупаемости составит:

$$T_0 = \frac{-\ln(1 - 0,75)}{\ln(1 + 0,13)} \approx 11,3$$

Таким образом, за 11,5 лет окупятся затраты на снижение тепловых потерь здания с применением более эффективных светопрозрачных ограждающих конструкций. Данное мероприятие экономически невыгодно, так как оптимальный срок окупаемости составляет 4 года, однако, светопрозрачные ограждения защищают в теплый период года от инсоляции и, возможно, что за счет снижения нагрузки на системы поддержания микроклимата удастся снизить срок окупаемости и приблизить его к оптимальному значению.

#### Библиографический список

1. Гагарин В.Г. Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий // АВОК. 2009. № 1-3.
2. Самарин О.Д. Вопросы экономики в обеспечении микроклимата зданий. – М.: АСВ, 2011.

### УДЕЛЬНЫЕ ПОТЕРИ ТЕПЛОТЫ ЗДАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОКОННОГО БЛОКА ОТНОСИТЕЛЬНО СЛОЯ УТЕПЛИТЕЛЯ

*Панченков А.В., студент 4-го курса 2 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Гагарин В. Г., проф., д.т.н.*

#### Введение

Энергосбережение признано приоритетным научным направлением в РФ. Энергосберегающие мероприятия достигаются путем улучшения теплозащитных характеристик конструкций и рационального выбора схем

ОВК. О повышении энергоэффективности необходимо задумываться еще на стадии проектирования здания.

Целью статьи является изучение потерь теплоты фасадом здания в зависимости от расположения оконного блока относительно утеплителя. В зависимости от этого расположения изменяется значение удельных потерь теплоты через узел сопряжения оконного блока со стеной – линейную теплотехническую неоднородность [1]. Следовательно, будет изменяться величина трансмиссионных потерь теплоты, что необходимо учитывать для повышения энергоэффективности при проектировании системы отопления здания.

### Расчет удельных потерь теплоты в здании торгового назначения

Для расчета удельных потерь теплоты используется формула, приведенная в СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей». Формула удельных потерь теплоты через ограждающую конструкцию имеет вид [2]:

$$H = \sum (A_i U_i) + \sum (L_j \psi_j) + \sum (N_k \chi_k)$$

где  $H$  – тепловой поток, обусловленный элементами, Вт/°C;  $A_i$  – площадь  $i$ -й части фрагмента конструкции, м<sup>2</sup>;  $U_i$  – коэффициент теплопередачи однородной  $i$ -й части конструкции или ее части, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);  $L_j$  – протяженность линейной неоднородности  $j$ -го вида в конструкции м;  $\psi_j$  – удельные потери теплоты через линейную неоднородность  $j$ -го вида, Вт/(м·°C);  $N_k$  – количество точечных неоднородностей  $k$ -го вида в конструкции, шт;  $\chi_k$  – удельные потери теплоты через точечную неоднородность  $k$ -го вида, Вт/°C.

Методика расчета изложена в [3].

Расчет выполняется для фасада здания, построенного с каркасом из монолитного железобетона. Толщина наружных стен равна 250 мм, толщина теплоизоляции равна 120 мм. С помощью тарельчатых анкеров крепится утеплитель. Толщина наружного штукатурного слоя 6 мм. Высота этажа 5 м. Здание находится в г. Москве, климатологические данные берутся из СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».

Общая площадь фасадов с учетом светопроемов 2730 м<sup>2</sup>, общая площадь светопроемов 493,6 м<sup>2</sup>.

Плоские элементы фасада:

- кладка из блоков ячеистого бетона, утепленная снаружи слоем минераловатных плит, с облицовкой тонким штукатурным слоем.

Линейные элементы здания:

- примыкание оконного блока к стене;
- выпуклый угол, образованный соединением двух стен;
- вогнутый угол, образованный соединением двух стен;
- сопряжение стены и совмещенного кровельного покрытия.

Точечный элемент:  
– тарельчатый анкер.

**Вариант 1** (Блок расположен сразу за утеплителем, нахлест утеплителя 20 мм).

Расчет удельных потерь теплоты, обусловленных линейными элементами (берем из СП 230.1325800.2015).

$$\psi_1 = 0,033 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C});$$

$$\psi_2 = 0,076 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C});$$

$$\psi_3 = -0,141 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C});$$

$$\psi_4 = 0,204 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C}).$$

$$\chi_1 = 0,006 \text{ Вт}/^\circ\text{C}$$

Полученные данные сведены в табл. 1.

Таблица 1

**Данные о потоках теплоты для расчетов трансмиссионной составляющей тепловых потерь фасада для варианта 1**

Элемент конструкции	Геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Тепловой поток, обуславливаемый элементами Вт/°C	Доля от общего потока теплоты %
Плоский элемент 1	$A_1 = 2236,4 \text{ м}^2$	$U_1 = 0,226 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{C})$	505,42	70
Линейный элемент 1	$L_1 = 688,9 \text{ м}$	$\Psi_1 = 0,033 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$	<b>22,73</b>	<b>3,1</b>
Линейный элемент 2	$L_2 = 50 \text{ м}$	$\Psi_2 = 0,076 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$	3,8	0,5
Линейный элемент 3	$L_3 = 10 \text{ м}$	$\Psi_3 = -0,141 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$	-1,41	-
Линейный элемент 4	$L_4 = 274,6 \text{ м}$	$\Psi_4 = 0,204 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$	56,02	7,8
Точечный элемент 1	$N_1 = 22634 \text{ шт.}$	$\chi_1 = 0,006 \text{ Вт}/^\circ\text{C}$	134,18	18,6
Итого			$H = 721$	100

**Вариант 2** (Блок сдвинут в утеплитель на 100 мм, нахлест утеплителя 20 мм)

В данном варианте имеет место увеличение удельных потерь теплоты до величины  $\Psi_1 = 0,092 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ .

**Данные расчетов трансмиссионной составляющей тепловых потерь здания  
для варианта 2**

Элемент конструкции	Геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Тепловой поток, обуславливаемый элементами Вт/°С	Доля от общего потока теплоты %
Плоский элемент 1	$A_1 = 2236,4 \text{ м}^2$	$U_1 = 0,226 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$	505,42	66,4
Линейный элемент 1	$L_1 = 688,9 \text{ м}$	$\Psi_1 = 0,092 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°С})$	<b>63,38</b>	<b>8,3</b>
Линейный элемент 2	$L_2 = 50 \text{ м}$	$\Psi_2 = 0,076 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°С})$	3,8	0,4
Линейный элемент 3	$L_3 = 10 \text{ м}$	$\Psi_3 = -0,141 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°С})$	-1,41	-
Линейный элемент 4	$L_4 = 274,6 \text{ м}$	$\Psi_4 = 0,204 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°С})$	56,02	7,3
Точечный элемент 1	$N_1 = 22634 \text{ шт}$	$\chi_1 = 0,006 \text{ Вт}/\text{°С}$	134,18	17,6
Итого			$H = 761$	100

**Вариант 3** (Блок сдвинут от утеплителя на 100 мм, нахлест утеплителя 20 мм)

В данном варианте имеет место увеличение удельных потерь теплоты потока по сравнению с вариантом 1 до величины  $\Psi_1 = 0,069 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°С})$ .

**Данные расчетов трансмиссионной составляющей тепловых потерь здания  
для варианта 3**

Элемент конструкции	Геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Тепловой поток, обуславливаемый элементами Вт/°С	Доля от общего потока теплоты %
1	2	3	4	5
Плоский элемент 1	$A_1 = 2236,4 \text{ м}^2$	$U_1 = 0,226 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$	505,42	67,8
Линейный элемент 1	$L_1 = 688,9 \text{ м}$	$\Psi_1 = 0,069 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°С})$	<b>47,53</b>	<b>6,3</b>

1	2	3	4	5
Линейный элемент 2	$L_2 = 50$ м	$\Psi_2 = 0,076$ Вт/(м·°С)	3,8	0,5
Линейный элемент 3	$L_3 = 10$ м	$\Psi_3 = -0,141$ Вт/(м·°С)	-1,41	-
Линейный элемент 4	$L_4 = 274,6$ м	$\Psi_4 = 0,204$ Вт/(м·°С)	56,02	7,5
Точечный элемент 1	$N_1 = 22634$ шт	$\chi_1 = 0,006$ Вт/°С	134,18	18
Итого			$H = 745$	100

Расчет тепловой энергии, потребляемой фасадом здания, производится по формуле [3]:

$$q = 0,024 \cdot ГСОП \cdot H ,$$

где  $q$  – удельные трансмиссионные потери тепловой энергии, кВт ч/год; 0,024 – размерный коэффициент кВт ч/(Вт сут.);  $ГСОП$  – градусо-сутки отопительного периода, °С сут.;  $H$  – суммарный тепловой поток, обусловленный элементами, Вт/°С.

Для Москвы  $ГСОП = 4943$  сут·°С/год.

Тепловые потери здания за год при расположении блока окна сразу за утеплителем составят 85500 кВт ч/год, при расположении блока, сдвинутого в утеплитель на 100 мм., составят 90300 кВт ч/год, и при расположении блока, сдвинутого от утеплителя на 100 мм., составят 88400 кВт ч/год. Оптимальным является вариант расположения блока сразу за утеплителем.

Стоимость тепловой энергии в Москве составляет 1,247 руб./(кВт ч), следовательно, годовые затраты в первом варианте расположения оконного блока равны 106600 руб./год, во втором варианте – 112600 руб./год, и в третьем – 110200 руб./год. Разница между наилучшим и наихудшим вариантами расположения оконного блока составляет 6000 руб./год, что является величиной незначительной для целого здания.

## Выводы

Наиболее целесообразным и экономичным получился вариант, когда оконный блок расположен сразу за утеплителем, а наихудшим – когда блок сдвинули в утеплитель. Это необходимо учитывать при проектировании зданий. Проанализировав все три варианта, можно увидеть, что потери теплоты через оконные откосы для данного здания невелики. Разница тепловых потоков через стену в общем объеме тепловых потерь при различных вариантах расположения оконной рамы и утеплителя не достигают и 10 %,



что является величиной незначительной. Однако в зданиях с большим остеклением фасада удельные потери теплоты через оконные откосы возрастут, что необходимо будет учитывать.

### Библиографический список

1. Гагарин В.Г., Козлов В.В. «Теоретические предпосылки расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций» // Строительные материалы. 2010. №12. С.4-12.

2. Гагарин В.Г., Неклюдов А.Ю. «Учет теплотехнических неоднородностей ограждений при определении тепловой нагрузки на систему отопления здания. // Жилищное строительство. 2014. №6. С. 3-7.

3. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Неклюдов А.Ю. «Пособие по расчету характеристик тепловой защиты зданий» 2015.

## **РАЗДЕЛЬНЫЙ УЧЕТ ТЕПЛОПРОВОДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ПРИ РАСЧЕТЕ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ НА СИСТЕМУ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЯ АКВАПАРКА**

*Савина А.В., магистрант 1-го курса 2 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Гагарин В.Г., проф., д.т.н.*

Рассмотрен расчет трансмиссионных потерь теплоты помещениями здания аквапарка двумя различными методиками при определении расчетной мощности системы отопления.

Первая методика расчета трансмиссионных теплопотерь помещений здания – традиционная (далее методика 1) – подробно описана в [1].

Вторая методика основана на первой, но приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций рассчитывается для каждого отапливаемого помещения, а не для всего здания в целом (далее методика 2). Данная методика расчета приведена в [2].

Приведенное сопротивление теплопередаче определяется с использованием поэлементного учета линейных и точечных теплотехнических неоднородностей ограждающих конструкций в каждом рассматриваемом случае.

### **Введение**

В ограждающих конструкциях здания существуют «мостики холода» – линейные и точечные теплотехнические неоднородности, доля общего потока теплоты через которые может достигать заметных значений. Теплотехнические неоднородности учитываются при расчете приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций по методике, изложенной в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»(далее СП).

Каждое помещение здания имеет наружную ограждающую конструкцию, со своим определенным набором теплотехнических неоднородностей. Поэтому приведенное сопротивление теплопередаче, а, следовательно, и коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции для каждого помещения здания будет иметь свое индивидуальное значение, что в итоге повлияет на трансмиссионные теплопотери помещения, а также на теплопотребление всего здания.

Наружная оболочка здания аквапарка представляет собой сложную систему, состоящую из нескольких видов стеновых конструкций и совмещенного кровельного покрытия:

- трехслойная стена с эффективным утеплителем и облицовкой из кирпичной кладки (подвал (отм. -2.400) и технический этаж (отм. 0.000));
- вентилируемый фасад с витражным остеклением (отм. +4.500)

### **Расчет трансмиссионных теплопотерь помещений здания аквапарка**

Расчет трансмиссионной составляющей нагрузки на систему отопления здания аквапарка определяем по традиционной формуле:

$$Q_{mp} = K \cdot A \cdot n \cdot (t_b - t_n) \cdot (1 + \Sigma \beta_i), \text{ Вт}$$

где  $K$  – коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции,

$$K = \frac{1}{R_{np}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}),$$

$R_{np}$  – приведенное сопротивление теплопередаче,  $\text{м}^2\text{°C}/\text{Вт}$ , определяется по приложению Е СП;  $A$  – площадь ограждающей конструкции,  $\text{м}^2$ ;  $t_b$  и  $t_n$  – температура воздуха внутри помещения и снаружи соответственно,  $\text{°C}$ ;  $n$  – коэффициент положения ограждающей конструкции относительно наружного воздуха;  $\beta_i$  – коэффициенты, учитывающие дополнительные потери теплоты через ограждающую конструкцию здания: на угловые помещения, на ориентацию по сторонам горизонта и др.

Так как приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций мы определяем с поэлементным учетом линейных и точечных неоднородностей, добавку, которая учитывает дополнительные потери теплоты угловыми помещениями, можно исключить, а добавку на ориентацию ограждающих конструкций здания оставляем в расчете.

Расчеты трансмиссионной составляющей нагрузки на систему отопления проводим для помещений водоподготовки, зоны крытого аквапарка, детской зоны и лестничной клетки.

Линейные и точечные теплотехнические неоднородности, которые присутствуют в каждом помещении, представлены в табл. 1, а значения коэффициентов теплопередачи – в табл. 2.

**Линейные и точечные теплотехнические неоднородности ограждающих конструкций каждого рассматриваемого помещения здания аквапарка**

Помещение	Теплотехнические неоднородности ограждающих конструкций						
	Оконный откос	Сопряжение плиты перекрытия с ограждающей конструкцией	Дюбель со стальным сердечником	Кронштейны	Угол выпуклый (наружный)	Угол вогнутый (внутренний)	Сопряжение стен с помещением кровельным покрытием
Лестничная клетка	+	+	+	+	+	-	+
Помещение водоподготовки	-	+	-	-	-	+	-
Зона крытого аквапарка	+	+	+	+	+	+	+
Детская зона	+	+	+	+	+	-	-

По результатам расчетов, представленным в табл. 3, видно, что имеют место расхождения в полученных значениях трансмиссионных теплопотерь помещений, рассчитанным по двум разным методикам для рассматриваемых помещений здания аквапарка, которые не превышают 10%. Рассмотрим причины возникновения этих расхождений.

Таблица 2

**Коэффициенты теплопередачи наружной ограждающей конструкции здания аквапарка**

Помещение	Коэффициент теплопередачи наружной ограждающей конструкции, Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)			
	Лестничная клетка	Помещение водоподготовки	Зона крытого аквапарка	Детская зона
Методика 1 (традиционная)	0,476			
Методика 2	0,492	0,413	0,492	0,593
Расхождение, %	3,4	13,2	3,4	24,6

**Трансмиссионные тепловые потери помещений здания аквапарка,  
рассчитанные разными методиками**

Помещение	Лестничная клетка	Помещение водоподготовки	Зона крытого аквапарка	Детская зона
Методика 1 (традиционная)	4673	3778	99914	5635
Методика 2	4763	3584	103273	5772
Расхождение, %	-1,9	5,1	-3,4	-2,4
Знак "-" означает переохлаждение помещения, по сравнению с традиционным методом, а "+" – перегрев				

В первом случае мы усреднили по площади ограждающей конструкции здания все теплопроводные включения, и получили один для всего здания коэффициент теплопередачи, а во втором – рассчитывали коэффициент теплопередачи для каждого помещения, рассматривая это помещение, отдельно от всего здания с его исключительным набором теплотехнических неоднородностей.

Наружная ограждающая конструкция помещения водоподготовки не имеет точечных теплопроводных включений и оконных откосов, поэтому удельных потерь теплоты через эти теплотехнические неоднородности не будет, и коэффициент теплопередачи ограждения будет меньше, чем рассчитанное для всего фасада здания, где учитывались все теплопроводные включения (табл. 2). Следовательно, трансмиссионные потери теплоты, рассчитанные по первой методике больше, чем потери, рассчитанные по второй методике для рассматриваемого помещения.

Противоположный вывод можно сделать для помещений крытого аквапарка, лестничной клетки и детской зоны. Там ситуация полностью другая из-за большего количества линейных и точечных теплопроводных включений (табл. 1).

Небольшая же разница теплотерь помещений, рассчитанных разными методиками объясняется тем, что:

- здание аквапарка имеет витражное остекление, из-за чего протяженность оконных откосов, отнесенная к единице площади фасада здания, не велика.

- сопряжения с плитами перекрытия равномерно распределены по всему фасаду здания, как и точечные включения.

- углы не оказывают особого влияния на потери, так как, в принципе, имеют малое значение удельных потерь теплоты через эту линейную неоднородность и из-за их небольшого количества.

Хотелось бы отметить, что расхождения между полученными значениями коэффициентов теплопередачи помещения детской зоны превышают 20% (табл. 2), но при этом расхождения в полученных значениях трансмис-

сионных теплопотерь не велико. Это связано с тем, что площадь остекления в помещении составляет 68% всей площади наружного ограждения, а коэффициент теплопередачи светопрозрачной ограждающей конструкции, потери теплоты через которую составляют большую долю общих теплопотерь помещения, остается постоянным при расчете теплопотерь разными методиками. Для помещения водоподготовки расхождения в значениях коэффициента теплопередачи более 10%, а в значениях теплопотерь всего 5%. Так как через дверные проемы теряется, по результатам расчетов, большее количество тепла, чем через стеновую конструкцию, и, опять же, в обоих случаях эти теплопотери одинаковы, то происходит сглаживание этих процентных расхождений.

## Выводы

Расхождения в результатах расчета теплопотерь при едином для здания значении сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и при индивидуальных для каждого помещения могут возникнуть тогда, когда в разных помещениях имеются разные точечные и линейные неоднородности с большими удельными потерями теплоты. Например, когда перфорация плиты перекрытия имеется только в помещениях с балконами, когда в разных помещениях имеются окна разного размера, т.е с разной протяженностью откосов. В этом случае расчет приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций каждого помещения здания с использованием поэлементного подхода при определении трансмиссионной составляющей нагрузки на систему отопления позволит более точно определять трансмиссионные потери теплоты помещениями здания.

В рассмотренном здании имеется один высокий этаж, перфорация перекрытия над техническим этажом и покрытия здания относится ко всем помещениям здания в одинаковой степени. Большие витражи имеют небольшую протяженность откосов, поэтому для них сопротивления теплопередаче стен мало отличаются друг от друга в использованных методиках расчета.

Так как расхождения результатов расчета по разным методикам не превышают 10%, что является величиной незначительной, можно сказать, что использование методики с раздельным расчетом сопротивлений теплопередачи для каждого помещения для подобных объектов непродуктивно.

## Библиографический список

1. Сканави А.Н., Махов Л.М. Отопление. М: Издательство АСВ, 2008. 576 с.
2. Гагарин В.Г., Неклюдов А.Ю. Учет теплотехнических неоднородностей ограждений при определении тепловой нагрузки на систему отопления здания // Жилищное строительство. 2014. № 6. С. 3-7.

# ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВАРИАНТОВ АНКЕРОВКИ В ФАСАДНОЙ СИСТЕМЕ С ТОНКИМ ШТУКАТУРНЫМ СЛОЕМ

*Семенюк Е., магистрант 1-го курса 2 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Рымаров А.Г., доц., к.т.н.*

## Введение

Будет рассмотрено несколько вариантов конструкции фасада с разными анкерами, а также рассмотрено влияние конструктивных особенностей анкеров на расход тепловой энергии и толщину утеплителя фасада с тонким штукатурным слоем здания торгово-развлекательного центра в г. Калуга. Расчет теплотехнических свойств ограждающих конструкций проведен согласно [1].

## Теплотехнический расчет

Определим градусо-сутки отопительного периода согласно [1]:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от.п}}) \cdot Z_{\text{от.п}} = (18 + 2,9) \cdot 210 = 4389 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут./год}$$

где  $t_{\text{в}}$  – температура внутреннего воздуха помещения,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\text{от.п}}$  – средняя температура отопительного периода,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $Z_{\text{от.п}}$  – продолжительность отопительного периода, сут./год

Значение требуемого сопротивления теплопередаче определено согласно [1] по табл. 3, для общественных зданий с учетом интерполяции. Для Калуги  $R_0^{\text{тп}} = 2,51 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ . Значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции должно быть не менее требуемого. Согласно [1] расчет приведенного сопротивления теплопередаче проводится по формуле:

$$R_0^{\text{тп}} = \frac{1}{\sum U_i a + \sum \Psi_j l_j + \sum X_k n_k}$$

где  $U$  – удельные потери теплоты через плоскую теплотехническую неоднородность,  $\text{Вт} \cdot \text{м}^2 / ^{\circ}\text{C}$ ;  $\Psi$  – удельные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность,  $\text{Вт} \cdot \text{м} / ^{\circ}\text{C}$ ;  $\chi$  – удельные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность,  $\text{Вт} / ^{\circ}\text{C}$ ;  $l$  и  $n$  – длина и количество теплотехнических неоднородностей, приходящихся на  $1 \text{ м}^2$  поверхности ограждения.

Теплотехническими неоднородностями в рассматриваемом случае выступают примыкания окон к ограждающим конструкциям, углы здания, примыкание наружной стены к конструкции крыши, тарельчатые анкера для крепления теплоизоляции. Все полученные значения занесены в табл. 1.

Проведем теплотехнический расчет для двух вариантов конструкции фасадов: стена с анкерами с удельными потерями теплоты  $X = 0,006 \text{ Вт}/^\circ\text{C}$  и утеплителем толщиной 7 см; стена с анкерами с удельными потерями теплоты  $X = 0,001 \text{ Вт}/^\circ\text{C}$  и толщиной утеплителя 7 см. Данные заносим в табл. 1. Из табл. 1 видно, что доля общего потока теплоты через анкер с  $X = 0,006 \text{ Вт}/^\circ\text{C}$  составляет 15,6%, а через анкер  $X = 0,001 \text{ Вт}/^\circ\text{C}$  – 3%. Также замена анкеров увеличивает приведенное сопротивление теплопередачи с  $R_0^{np} = 2,6 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$  до  $R_0^{np} = 2,99 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , при требуемом  $R_0^{mp} = 2,51 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , это позволяет уменьшить толщину утеплителя на 2 см (с 7 см до 5 см). Этот вариант тоже будет рассмотрен под номером 3, также добавлен в табл. 1.

Таблица 1

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	Удельный поток теплоты обусловленный элементом, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Вариант 1				
плоский элемент 1	$a_1 = 1/\text{м}^2$	$U_1 = 0,291$	$U_1 \cdot a_1 = 0,291$	69,5
линейный элемент 1	$l_1 = 0,327 \text{ м}/\text{м}^2$	$\psi_1 = 0,04$	$l_1 \cdot \psi_1 = 0,013$	3,4
линейный элемент 2	$l_2 = 0,091 \text{ м}/\text{м}^2$	$\psi_2 = 0,2$	$l_2 \cdot \psi_2 = 0,0182$	4,7
линейный элемент 3	$l_3 = 0,014 \text{ м}/\text{м}^2$	$\psi_3 = 0,078$	$l_3 \cdot \psi_3 = 0,0011$	0,3
точечный элемент 1	$n_1 = 10 \text{ л}/\text{м}^2$	$\chi_1 = 0,006$	$\chi_1 \cdot n_1 = 0,06$	15,6
Вариант 2				
плоский элемент 1	$a_1 = 1/\text{м}^2$	$U_1 = 0,291$	$U_1 \cdot a_1 = 0,291$	87,3
линейный элемент 1	$l_1 = 0,327 \text{ м}/\text{м}^2$	$\psi_1 = 0,04$	$l_1 \cdot \psi_1 = 0,013$	3,9
линейный элемент 2	$l_2 = 0,091 \text{ м}/\text{м}^2$	$\psi_2 = 0,2$	$l_2 \cdot \psi_2 = 0,0182$	5,4
линейный элемент 3	$l_3 = 0,014 \text{ м}/\text{м}^2$	$\psi_3 = 0,078$	$l_3 \cdot \psi_3 = 0,0011$	0,3
точечный элемент 1	$n_1 = 10 \text{ л}/\text{м}^2$	$\chi_1 = 0,001$	$\chi_1 \cdot n_1 = 0,01$	3

Вариант 3				
плоский элемент 1	$a_1 = 1/\text{м}^2$	$U_1 = 0,34$	$U_1 \cdot a_1 = 0,34$	87,9
линейный элемент 1	$l_1 = 0,327\text{м}/\text{м}^2$	$\psi_1 = 0,042$	$l_1 \cdot \psi_1 = 0,014$	3,5
линейный элемент 2	$l_2 = 0,091\text{м}/\text{м}^2$	$\psi_2 = 0,24$	$l_2 \cdot \psi_2 = 0,0218$	5,6
линейный элемент 3	$l_3 = 0,014\text{м}/\text{м}^2$	$\psi_3 = 0,088$	$l_3 \cdot \psi_3 = 0,0012$	0,3
точечный элемент 1	$n_1 = 10 \text{ л}/\text{м}^2$	$\chi_1 = 0,001$	$l_2 \cdot \psi_2 = 0,01$	2,6

### Экономические показатели фасада при различных вариантах конструкции фасада

Расчет экономических показателей проводился согласно [2]. Единовременные затраты определялись исходя из стоимости утеплителя и стоимости анкеров. Стоимость утеплителя толщиной 7 см равна 231 руб./м<sup>2</sup>, стоимость анкера с удельными потерями теплоты  $X = 0,006 \text{ Вт}/^\circ\text{С} - 3,50 \text{ руб.}/\text{шт.}$  Стоимость утеплителя толщиной 5 см равна 165 руб./м<sup>2</sup>, стоимость анкера с удельными потерями теплоты  $X = 0,006 \text{ Вт}/^\circ\text{С} - 7,60 \text{ руб.}/\text{шт.}$  Для первого варианта единовременные затраты  $K_1 = 266 \text{ руб.}/\text{м}^2$ , для второго варианта  $K_2 = 307 \text{ руб.}/\text{м}^2$ , для третьего варианта  $K_3 = 234 \text{ руб.}/\text{м}^2$ . Соответственно разность единовременных затрат в сравнении с первым вариантом  $\Delta K_2 = 41 \text{ руб.}/\text{м}^2$ , разность единовременных затрат в сравнении с третьим вариантом  $\Delta K_3 = -31 \text{ руб.}/\text{м}^2$ .

Согласно [2] расчет теплопотерь за год через м<sup>2</sup> фасада проводился по формуле:

$$q = 0,024 \cdot (\text{ГСОП} / R_0^{np})$$

где  $R_0^{np}$  – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>·°С/Вт; ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, °С·сут./год; 0,024 = 24/1000 – переводной коэффициент.

Теплопотери за год через м<sup>2</sup> фасада для первого варианта:  $q_1 = 0,024 \cdot (4389/2,6) = 40,51 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ ; для второго варианта  $q_2 = 0,024 \cdot (4389/2,99) = 35,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ , для третьего варианта  $q_3 = 0,024 \cdot (4389/2,57) = 41 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ .

Эксплуатационная экономия за счет утепления фасада проводится по формуле согласно [2]:

$$\Delta \Delta = (1/R_{01} - 1/R_{02}) \cdot \text{ГСОП} \cdot 0,024 \cdot C_i$$



где  $\Delta \mathcal{E}$  – годовая прибыль домовладельца за счет снижения теплопотерь через  $1 \text{ м}^2$  ограждения при дополнительном повышении сопротивления теплопередаче, руб./( $\text{м}^2 \cdot \text{год}$ );  $R_{01}$  и  $R_{02}$  – сопротивления теплопередаче базового и рассматриваемого варианта ограждения,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ; ГСОП – градусо-сутки отопительного периода,  $\text{°C} \cdot \text{сут.}/\text{год}$ ;  $C_i$  – стоимость тепловой энергии, руб./( $\text{кВт} \cdot \text{ч}$ ).

Эксплуатационная экономия за счет утепления фасада в сравнении с первым вариантом  $\Delta \mathcal{E}_2 = (1/2,6 - 1/2,99) \cdot 4389 \cdot 0,024 \cdot 1944,62 = 8,82$  руб./( $\text{м}^2 \cdot \text{год}$ ),  $\Delta \mathcal{E}_3 = (1/2,6 - 1/2,57) \cdot 4389 \cdot 0,024 \cdot 1944,62 = -0,79$  руб./( $\text{м}^2 \cdot \text{год}$ ). Эксплуатационная экономия за счет утепления фасада в сравнении с третьим вариантом  $\Delta \mathcal{E}_2 = (1/2,57 - 1/2,99) \cdot 4389 \cdot 0,024 \cdot 1944,62 = 9,61$  руб./( $\text{м}^2 \cdot \text{год}$ ).

Таблица 2

Параметр	Ед.изм.	Значение		
		Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Сопротивление теплопередаче стен	( $\text{м}^2 \cdot \text{°C}$ )/Вт	2,6	2,99	2,57
Толщина слоя утеплителя	см	7	7	5
Стоимость утеплителя	руб./ $\text{м}^2$	231	231	165
Стоимость анкера	руб./шт.	3,50	7,60	6,90
Стоимость $1 \text{ м}^2$ фасада	руб./ $\text{м}^2$	266	307	234
Разность единовременных затрат	руб./ $\text{м}^2$	-	41	-32
Теплопотери за год через $\text{м}^2$ фасада	кВт·ч/( $\text{м}^2 \cdot \text{год}$ )	40,51	35,2	41
Экономия энергии в сравнении с 1 вариантом	кВт·ч/( $\text{м}^2 \cdot \text{год}$ )	-	5,31	-0,49
Тариф на тепловую энергию	руб./Гкалл руб./( $\text{кВт} \cdot \text{ч}$ )	1944,62 (1,67)		
Эксплуатационная экономия в сравнении с 1 вариантом	руб./( $\text{м}^2 \cdot \text{год}$ )	-	8,82	-0,79
Ставка банка по кредиту на 2016 год	%	13,00		

Период окупаемости единовременных затрат определялся согласно [2]:

$$T_0 = \ln[1 - (\Delta K / \Delta \mathcal{E})p] / \ln(1 + p)$$

где  $\Delta \mathcal{E}$  – годовая прибыль домовладельца за счет снижения теплопотерь через  $1 \text{ м}^2$  ограждения при дополнительном повышении сопротивления те-

плопередаче, руб./( $m^2 \cdot \text{год}$ );  $p$  – ставка банка по кредиту, %;  $\Delta K$  – разность единовременных затрат.

Сравнивая вариант 1 и вариант 2, вариант 2 окупится через  $T_0 = \ln[1/(1 - (41/8,82) \cdot 0,11)]/\ln(1+0,13) = 7,58$ .

Сравнивая вариант 3 и вариант 2, вариант 2 окупится через  $T_0 = \ln[1/(1 - (73/9,61) \cdot 0,11)]/\ln(1+0,13) = 35,86$ .

Исходя из расчетов сравнивая вариант 1 и вариант 2, вариант 2 окупится на 8 отопительном сезоне. Но также стоит сравнить вариант 2 и вариант 3. Вариант 2 более затратный в единовременных затратах, по сравнению с третьим и окупится на 36 отопительном сезоне, что является большим периодом времени. Поэтому вариант 3 является самым экономически эффективным.

## Выводы

Дополнительное повышение приведенного сопротивления теплопередаче свыше нормируемой величины за счет анкеров имеет экономическую выгоду. Более ощутимый эффект связан с уменьшением толщины теплоизоляции, нежели с увеличением приведенного сопротивления теплопередачи без уменьшения толщины теплоизоляции.

## Библиографический список

1. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». – М.:ГУП ЦПП, 2012.
2. Гагарин В.Г. Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий. // Журнал АВОК. 2009 Часть 1, №1 С.10-16. Часть 2, №2 С. 14-23. Часть 3. №3 С. 62-66
3. СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей». – М.:ГУП ЦПП, 2015.

## ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОЗАЩИТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗДАНИЯ

*Соломыков А.С., студент 4-го курса 22 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Прохоров В.И., проф., д.т.н.*

Сегодня одним из показателей для оценки энергоэффективности здания, в том числе и в нормативной документации [1, прил. Ж], используется удельная теплозащитная характеристика здания.

Интерес представляет история ее происхождения, ее родоначальник и совершенствование данного показателя последующими авторами.

Впервые зачатки данной характеристики можно встретить в работе профессора В.М. Чаплина<sup>1</sup> 1923 года [2] «...Если мы отнесем максималь-

---

<sup>1</sup> Здесь и далее при цитировании авторов сохранена их транскрипция текста.

ную часовую потерю тепла к единице строительного объема здания, то получим характеристику его теплоотдачи.» [2, с. 17]. В дальнейшем в примере расчета потери тепла внешними ограждениями, он, приводя отношение максимальной потери тепла к наружному объему здания, называет данный показатель уже «Характеристика охлаждения» [2, с. 48]. Перед этим он пишет следующее, сравнивая разницу в определении тепловых потерь для всего здания как для одного помещения и отдельного расчета по каждому помещению: «...Разница не имеет значения, ибо не выходит из общего предела точности расчета. Характеристика охлаждения остается в обоих случаях одной и той же.» [2, с. 46]. К сожалению больше упоминания об этом коэффициенте в работах профессора В.М. Чаплина найти не удалось, но следует принять во внимание факт того, что в отличие от современной трактовки этого понятия [1] в работах В.М. Чаплина используется только наружный (строительный) объем здания.

Уже в 1928 году инженером (впоследствии профессором) Г.А. Максимовым в работе [3] был предложен метод для оценки теплопотерь производственных зданий при предварительных расчетах по эмпирическим зависимостям: «...Обычно для приближенных подсчетов, относящихся к зданиям двух последних категорий<sup>2</sup>, пользуются следующими цифрами:

- 1) Теплопотери в час одним куб. метром отапливаемого пространства.
- 2) Теплопотери в час одним куб. метром строительной кубатуры.» [3 с. 25].

Данная работа показывает, что на момент издания данной работы некий предшественник удельной теплозащитной характеристики здания уже существовал. Также стоит отметить, что дальше инженер Г.А. Максимов при предъявлении таблицы «Теплопотери 1 м<sup>3</sup> строительной кубатуры...» [3, с. 33] ссылается на работы Клингера: «...Для вычисления приблизительной теплопотери фабрично-заводскими зданиями, имеющими чердак и по своей конструкции соответствующими зданиям жилого характера, можно пользоваться следующей таблицей Клингера, перечисленной для русских условий...» [3, с. 33]. Интересным фактом является то, что в статье Г.А. Максимова используется величина строительной кубатуры, т.е. наружный объем, в то время как в оригинальной работе Клингера-Риттера представлены данные для «Объема обогреваемого помещения» [4, с. 384-385]. Кроме того, в упомянутом справочнике Клингера-Риттера не выполнено отнесение тепловой мощности системы отопления к расчетной разности температур: «...Среднее необходимое количество тепла при наружн. темп. -20°...» [4, с.384], в то время как в работе [3] таблица была пересчитана для разности температур в 1°. В справочнике Клингера-Риттера также можно встретить справочные данные для подбора площади поверхности нагрева различных отопительных приборов: «...Обычно при водяном отоплении для жилых помещений на 1 м<sup>3</sup> отапливаемой кубатуры принимают: 0,10-0,12м<sup>2</sup> поверхности нагрева радиатора...» [4, с. 24].

---

<sup>2</sup> Г.А. Максимов рассматривает здания общественного характера и жилые дома.

Это приводит к выводу о том, что использование в работе [4] отопляемого объема оправдано, так как эти данные приведены для упрощенного подбора необходимого оборудования для каждого конкретного помещения.

Привычная восприятию формула расчета удельной теплозащитной характеристики здания была в том числе опубликована в работе профессора Б.М. Аше в 1939 году: «...Удельная кубатурная тепловая характеристика здания, выведенная на основании выполненного точного подсчета его теплопотерь, служит очень хорошим и удобным показателем целесообразности строительного проекта здания с теплотехнической точки зрения, а также при сравнении зданий между собой...» [5, с. 43]. Как и все предыдущие авторы, за исключением [1], профессор Б.М. Аше использует «Объем здания по наружным обмерам» [5, с.45]. Более того, вычисляя «...еще одну тепловую характеристику, отнесенную к  $1 \text{ м}^2$  внешних ограждений...» [5, с. 45], автор подчеркивает, что за расчетную площадь ограждений следует принять следующую величину: «...сумма всех поверхностей охлаждения вошедших в определение величины  $Q_{\text{час. макс}}^3$ ...» [5, с. 45].

Большое внимание определению «тепловой характеристики здания» уделял профессор Н.С. Ермолаев и впервые свою методику ее определения опубликовал в работе [6]. В этой статье он предписывает авторство этого показателя своему учителю профессору В.М. Чаплину: «...Поэтому терминология «тепловая характеристика» зданий, введенная проф. В.М. Чаплиным...» [6, с.9]. К сожалению, найти оригинальную работу профессора В.М. Чаплина, где он впервые предложил данный коэффициент, пока не удалось, но по упоминаниям этого показателя различными авторами можно предположить, что эта статья должна была быть выпущена в промежутке между 1923-1928 гг.

Также в работе [6] профессор Н.С. Ермолаев очень критично относится к возможности оценки здания по тепловой характеристике здания: «...Анализируя уравнение ..., приходим к выводу, что установить зависимость расхода тепла на  $1 \text{ м}^3$  здания от кубатуры последнего нельзя, как это пытались найти ранее, так как эта потеря (характеристика), как видно из уравнения ..., ни в коей мере не зависит от общей кубатуры здания. Тем более тепловую характеристику нельзя обобщать даже для данного типа сооружения и называть «удельной потерей», так как при одной и той же кубатуре, высоте и площади здания и всех прочих одинаковых конструктивных условиях, но различных относительных периметрах ... характеристика меняется, т.е. в полной мере зависит от конфигурации здания, т.е. соотношения сторон...» [6, с.10-11].

Более подробно вопросы, выясняющие зависимость «теплопотерь здания от его архитектурно-строительной композиции» профессором Н.С. Ермолаевым были рассмотрены в его монографии [7]. И здесь автор еще раз предостерегает читателя от использования «удельной потери тепла» для оценки здания с теплотехнической точки зрения: «...Поэтому потери тепла,

---

<sup>3</sup> Максимальная часовая теплопотеря здания, ккал/ч.

приходящиеся на  $1 \text{ м}^3$  здания, характеризуют в тепловом отношении только данное здание и не могут быть распространены на какое-либо другое здание, если оно не является точной копией первого...» [7, с. 9].

Использование данной характеристики профессор Н.С. Ермолаев рекомендует при оценке теплопотерь здания по укрупненным показателям: «...во многих случаях возникает необходимость предварительной оценки здания по укрупненным показателям, и в этих случаях определение теплопотерь  $1 \text{ м}^3$  сооружения приобретает большой практический интерес...» [7, с. 9].

В то же время для «тепловой оценки зданий» профессор Н.С. Ермолаев предлагал использовать другую характеристику: «...Сравнение зданий по тепловым характеристикам не дает еще возможности судить о степени совершенства здания в теплотехническом отношении, в то время как термический коэффициент дает полное представление о совершенстве здания в теплотехническом отношении, что позволяет выбрать новую более экономичную в эксплуатации компоновку здания...» [7, с. 23].

Под термическим коэффициентом Н.С. Ермолаев понимал отношение тепловой характеристики «здания с условно-минимальными потерями» к тепловой характеристике рассматриваемого здания при одинаковой их «кубатуре». Подробнее о понятии термический коэффициент можно ознакомиться в самой работе Н.С. Ермолаева [7].

Следует также отметить, что в своих работах [6,7] профессор Н.С. Ермолаев использует при определении тепловой характеристики только наружные габариты здания.

Коэффициент, подобный удельной теплозащитной характеристике здания, также использовался в нормативной документации первой половины XX века. В частности можно отметить ОСТ 6232, выдержки из которого были выпущены в [8], где, хотя и не было представлено расчетной формулы, была рекомендована следующая трактовка: «...Для ориентировочных подсчетов можно определить теплопотери зданий по тепловым характеристикам. Под объемной тепловой характеристикой ( $q_v$ ) мыслится количество тепла, теряемое  $1 \text{ м}^3$  внешней кубатуры здания в 1 час при разности  $t_в - t_н = 1^\circ$ ...» [8, с. 3]. Опять же следует обратить внимание, что и здесь при расчете используется значение «внешней кубатуры», по сравнению с [1].

Более того, в нормативной документации современной России еще существовал документ [9], в котором показатель удельная тепловая характеристика здания был отнесен к объему здания по внешним размерам. Вопрос о применении в качестве границы рассмотрения вместо внутреннего объема, объем по наружным размерам был также подробно рассмотрен в работе [10].

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод о том, что использованная в [1] методика определения удельной теплозащитной характеристики здания является искаженной по сравнению с тем, как этот показатель определяли такие видные специалисты как профессор В.М. Чаплин, профессор Г.А. Максимов, профессор Н.С. Ермолаев, профессор Б.М. Аше и многие другие последующие авторы.

## Библиографический список

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М.: Минрегион России, 2012.
2. Чаплин В.М. Отопление и вентиляция. Часть 1. Отопление. – М., Госиздат, 1923.
3. Г.А. Максимов. Приближенный способ подсчета потери тепла фабрично-заводскими зданиями, Научно-исследовательские работы Гипромеза, вып.1, 1928. Издание Гипромеза.
4. Клингер-Риттер. Справочник по центральному отоплению, водоснабжению и вентиляции. Перевод с 32-го нем. издания под редакцией Проф. Л.П. Шишко. – Униздат, 1928.
5. Аше Б.М. Отопление и вентиляция. Т.1. М. – Л., Стройиздат, 1939.
6. Ермолаев Н.С. Определение тепловой характеристики зданий по укрупненным измерителям // Отопление и вентиляция № 4-5, 1931. с. 9-11.
7. Ермолаев Н.С. Проблемы теплоснабжения и отопления многоэтажных зданий. – М., Госстройиздат, 1949.
8. Методы подсчета теплопотерь (данные из ОСТ 6232-6233). Издание Архангельского лесотехнического института им. В.В. Куйбышева. – Архангельск, 1936.
9. СП 23-101-2000. Проектирование тепловой защиты зданий. М.: Госстрой России, 2001.
10. Прохоров В. И. Границы рассмотрения в задачах теплозащиты и теплообеспечения зданий // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2014. Вып. 2(33). Ст. 17. Режим доступа: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>

### **РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ДЕРЕВЯННОГО ЗДАНИЯ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ Г. МОСКВЫ**

*Шипицын М.К., магистрант 1-го курса 1 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Малявина Е.Г., проф., к.т.н.*

Для разработки математической модели годового нестационарного теплового режима помещений в качестве основы была принята имеющаяся на кафедре отопления и вентиляции программа расчета суточного нестационарного теплового режима помещения [1]. Разработка требуемой модели включает в себя освоение имеющейся модели и оснащение ее всеми недостающими элементами и блоками, необходимыми для реализации поставленной ниже задачи.

#### **Цель работы**

Математическая модель нестационарного теплового режима здания разрабатывается для последующего расчета годового теплового режима

помещений реставрируемого здания Дворца-театра усадьбы Останкино, построенной в конце XVIII века.

Для сохранности Дворца в нем следует поддерживать установленный реставраторами температурно-влажностный режим. В переходный, осенний и весенний периоды года при температуре наружного воздуха в диапазоне от  $+3^{\circ}\text{C}$  до  $+20^{\circ}\text{C}$ , значение температуры внутреннего воздуха переменное и задаётся исходя из среднесуточных температур наружного воздуха с учётом изменения температуры в помещениях не более  $0,5^{\circ}\text{C}$  в сутки. График соответствия значений температур определяется при наладке системы с учётом теплоустойчивости конструкций и материалов внутри дворца. При температуре наружного воздуха  $+20^{\circ}\text{C}$  и выше, температура воздуха внутри здания Дворца не превышает  $+22^{\circ}\text{C}$ . Влажность внутреннего воздуха  $\varphi = 40\% \dots 55\%$ . В холодный период года температурно-влажностный режим в здании инженерными системами не поддерживается.

В здании дворца музея-усадьбы Останкино предусматривается кондиционирование воздуха для сглаживания колебаний влажности в весенний, летний, осенний периоды года. Мощность аппаратов, входящих в систему кондиционирования воздуха, должна быть определена расчетом с учетом теплоустойчивости помещений.

В холодный период года (до устойчивой температуры внутреннего воздуха  $t_n = +3^{\circ}\text{C}$ ) системы кондиционирования воздуха не работают. Возможно включение этих систем в холодный период года при локальном повышении температуры наружного воздуха в течение холодного периода года. Включение и выключение систем кондиционирования должно осуществляться диспетчером в ручном режиме управления. Расчет годового нестационарного теплового режима помещений должен выявить возможность такого рода ситуаций и позволит определить требуемые режимы эксплуатации систем кондиционирования воздуха и мощности их аппаратов.

Таблица 1

#### Соответствие параметров внутренней среды наружным условиям

Влагосодержание наружного воздуха, г/кг	0 – 2,5	2,5 – 7	>7
Температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$	+3 – +20	+3 – +20	+9 – +20
Относительная влажность в помещении, %	< 55	< 55	40 – 55

Параметры внутреннего воздуха в осенний и весенний периоды года должны выбираться в автоматическом режиме в соответствии с параметрами наружного воздуха (температура и относительная влажность) с учётом тепловой устойчивости здания, а также минимизация резких температурно-влажностных скачков параметров воздуха в помещениях дворца. Соответствие температурно-влажностных параметров наружного воздуха и регулирующих воздействий систем кондиционирования воздуха, а также время работы установок кондиционирования воздуха должны быть определены расчетом. Допускаемое изменение параметров внутреннего воздуха в зави-

симости от температуры и влагосодержания наружного воздуха приведено в табл. 1.

### **Климатическая информация для расчета годового теплового и влажностного режима здания**

Для расчета нестационарного годового теплового режима здания необходима такая модель климата, которая содержит в себе данные об изменении параметров наружной среды, влияющих на изменение температурного состояния помещений. К ним относятся температура наружного воздуха, скорость ветра, а также интенсивность прямой и рассеянной солнечной радиации. Так как, кроме теплового режима помещений, нас интересует относительная влажность воздуха помещений Дворца, в климатической информации должны содержаться сведения о влажности наружного воздуха, например парциальное давление водяного пара и атмосферное давление, чтобы можно было пересчитывать в относительную влажность.

Данные о перечисленных параметрах наружной среды должны быть ежечасными в течение всего года. Таким требованиям отвечает модель «типовой» год. На кафедре отопления и вентиляции «типовой» год имеется в двух модификациях: в виде среднего [2] и расчетного [3]. Эти климатические модели разработаны для города Москвы по европейскому стандарту [4]. Средний «типовой» год обеспечивает максимальное приближение к средним многолетним значениям средних за каждый день и месяц значений параметров климата, а их разброс приближается к разбросу за принятый многолетний период (30 лет). Расчетный «типовой» год содержит в себе данные января того года. В котором температура наиболее холодной пятидневки приближалась к нормируемой в [5], а средняя годовая температура наружного года практически равна среднегодовой температуре самого холодного года из обрабатываемых 30 лет. Однако, расчетный «типовой» год разрабатывался для задачи, не требующей содержания данных о влажности наружного воздуха. Придется ее добавлять, как дополнительный параметр.

Имя средний и расчетный «типовые» года можно определить возможные колебания тепловлажностного режима помещений Дворца в среднем многолетнем разрезе и в наиболее холодный год.

### **Математическая модель нестационарного тепловлажностного режима помещения**

Математическая модель нестационарного теплового режима помещения основана на решении нестационарного уравнения теплопроводности для каждой непрозрачной ограждающей конструкции:

$$c_j(x)\rho_j(x)\frac{\partial t_j}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ \lambda_j(x) \frac{\partial t_j}{\partial x} \right], \quad (1)$$



где  $c_j(x) \cdot \rho_j(x)$ ,  $\lambda_j(x)$  – постоянные на каждом слое объёмная теплоемкость Дж/(м<sup>3</sup>·°C) и коэффициент теплопроводности материалов, из которых состоят слои ограждения, Вт/(м·°C);  $t_j$  – температура, меняющаяся во времени и по толщине конструкции, °C;  $j$  – номер рассматриваемого ограждения;  $j=1,2,\dots,J$ .

На наружной поверхности каждой наружной ограждающей конструкции учитывается теплообмен с наружной средой и теплота солнечной радиации, поглощенная наружной поверхностью:

$$-\lambda_j \frac{\partial t_j}{\partial x} \Big|_{x=0} = \alpha_{n,j} (t_n - t_j \Big|_{x=0}) + \beta_2^n \rho_j q_j, \quad (2)$$

где  $\lambda_j$  – коэффициент теплопроводности наружного слоя  $j$ -го ограждения, Вт/(м·°C);  $\alpha_{n,j}$  – коэффициент теплообмена на наружной поверхности  $j$ -го ограждения, Вт/(м·°C);  $t_n$  – изменяющаяся во времени температура наружного воздуха, °C;  $\beta_2^n$  – коэффициент пропускания теплоты солнечной радиации наружным солнцезащитным устройством на  $j$ -е ограждение;  $\rho_j$  – коэффициент поглощения солнечной радиации наружной поверхностью  $j$ -го ограждения;  $q_j$  – изменяющаяся во времени интенсивность суммарной солнечной радиации, облучающая наружную поверхность  $j$ -го ограждения, Вт/м<sup>2</sup>.

На внешней поверхности каждого внутреннего ограждения учитывается теплообмен этой поверхности с воздухом соседнего помещения:

$$-\lambda_j \frac{\partial t_j}{\partial x} \Big|_{x=0} = \alpha_{вн,j} (t_{вн} - t_j \Big|_{x=0}), \quad (3)$$

где  $\lambda_j$  – коэффициент теплопроводности внешнего слоя  $j$ -го ограждения, обращенного в другое помещение, Вт/(м·°C);  $\alpha_{вн,j}$  – коэффициент теплообмена слоя  $j$ -го ограждения на внешней поверхности, обращенной в другое помещение, Вт/(м·°C);  $t_{вн}$  – изменяющаяся во времени температура воздуха в соседнем помещении, °C.

На внутренней поверхности  $j$ -го ограждения учитывается лучистый теплообмен этой поверхности со всеми другими внутренними поверхностями, конвективный теплообмен с воздухом, а также доля лучистой солнечной радиации, проникающей в помещение через окна, и лучистой теплоты от внутренних источников. Эти потоки считаются равномерно распределенными по поверхностям, обращенным в помещение:

$$-\lambda_j \frac{\partial t_j}{\partial x} \Big|_{x=\delta} = \alpha_{k,j} (t_j - t_{в}) + \sum_{n \neq j} \alpha_{n,j-n} (t_j - t_n) - \frac{\sum_{i=1}^l \beta_{1,i} \beta_{2,i} A_i}{A_o} q_i - Q_{вн} \frac{1}{A_o}, \quad (4)$$

где  $\lambda_j$  – коэффициент теплопроводности материала внутреннего слоя  $j$ -го ограждения, Вт/(м·°C);  $\alpha_{\lambda,j-n}$  – коэффициент лучистого теплообмена между внутренними поверхностями  $j$ -го ограждения и любого другого  $n$ -го с учётом угловой облученности  $n$ -го ограждения с  $j$ -го и приведенного излучения, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);  $\alpha_{\kappa,j}$  – коэффициент конвективного теплообмена на внутренней поверхности  $j$ -го ограждения, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);  $t_e$  – температура внутреннего воздуха, °C;  $q_i$  – изменяющаяся во времени интенсивность суммарной солнечной радиации, облучающей  $i$ -ое окно, Вт/м<sup>2</sup>;  $\beta_{1,i}$  – коэффициент проникания солнечной радиации через  $i$ -ое окно или другое лучепрозрачное ограждение, учитывающий его конструкцию (затенение переплетами, прозрачности стекла, его загрязнение и пр.);  $\beta_{2,i}$  – коэффициент пропускания теплоты солнечной радиации через солнцезащитные устройства на  $i$ -е окно;  $A_i$  – площадь  $i$ -го окна, м<sup>2</sup>;  $A_o$  – общая площадь всех внутренних поверхностей обращенных в помещение, м<sup>2</sup>;  $Q_{вн}$  – изменяющиеся во времени внутренние лучистые тепловыделения, Вт.

В тепловом балансе окна учитывается нагрев обоих стекол солнечной теплотой, теплота, поглощенная в межстекольном пространстве, что для воспроизводимых исторических окон важно, конвективный теплообмен внутреннего стекла с воздухом помещения, лучистый теплообмен внутренней поверхности стекла со всеми другими поверхностями, обращенными в помещение, и лучистый тепловой поток, поглощенный внутренним стеклом от внутренних источников:

$$k'_j \left( t_{n,j}^{всл} - t_j \Big|_{x=\delta} \right) + q_{вн,j} = \alpha_{\kappa,j} \left( t_j \Big|_{x=\delta} - t_e \right) + \sum_{n \neq j}^j \alpha_{\lambda,j-n} \left( t_j - t_n \right) \Big|_{x=\delta} - q_j^{\lambda}, \quad (5)$$

где  $k'_j$  – неполный коэффициент теплопередачи окна, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);  $t_{n,j}^{всл}$  – условная температура наружной среды с учетом солнечного облучения стекол, °C;  $q_j^{\lambda}$  – лучистая теплота внутренних источников, поглощенная внутренним стеклом, Вт/м<sup>2</sup>.

Теплообмен с поверхностями, обращенными в помещение, конвективные теплопоступления внутренних источников, работа системы кондиционирования воздуха приводят внутренний воздух к следующему тепловому балансу:

$$c_a \cdot \rho_a \cdot V_n \frac{dt_e}{dz} = \sum_{j=1}^j \alpha_{\kappa,j} \left( t_j \Big|_{x=\delta} - t_e \right) F_j + Q_{внф} + Q_{квод}, \quad (6)$$

где  $c_a \cdot \rho_a \cdot V_n \frac{dt_e}{dz}$  – количество теплоты, поглощенное внутренним воздухом, за времз  $dz$ ;  $c_a \cdot \rho_a$  – объемная теплоемкость воздуха, Дж/(м<sup>3</sup>·°C);  $V_n$  – объём помещения, м<sup>3</sup>;  $t_e$  – температура внутреннего воздуха, °C;  $\alpha_{\kappa,j}$  – коэффициент

ты конвективного теплообмена между внутренними поверхностями ограждений и воздухом помещения, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);  $A_j$  - площади внутренних поверхностей, обращенных в помещение, м<sup>2</sup>;  $Q_{инф}$ ,  $Q_{конд}$  – тепловые потоки, поступающие в помещение с инфильтрационным воздухом и от системы кондиционирования воздуха, Вт.

Система уравнений, описывающая тепловой баланс помещения, состоит из условий на каждой внутренней поверхности, обращенной в помещение и из уравнения теплового баланса воздуха в помещении, представляющих собой дифференциальные уравнения. Эти уравнения взаимосвязаны и поэтому должны решаться совместно. Система решается методом Эйлера. В то же время уравнения тепловых балансов на внутренних поверхностях ограждений являются граничными условиями для одномерных уравнений теплопередачи ограждающих конструкций, уравнений теплового баланса окна. Для решения этих уравнений использован метод конечных разностей, на каждом временном шаге которого в отношении каждого ограждения применена прямая и обратная прогонка. При заданных температурных условиях на каждом временном шаге сначала выполняется прямая прогонка, затем решается система уравнений теплообмена помещения, в результате чего определяются температура воздуха помещения и всех внутренних поверхностей ограждений, после чего осуществляется обратная прогонка.

### Модернизация математической модели и программы

Основной причиной, по которой необходимо модернизировать программу расчета нестационарного теплового режима помещения, является требование задачи проследить на каждом временном шаге влажность воздуха помещения. Это требование должно быть реализовано определением влажностного состояния воздуха. Тепловые балансы внутренних поверхностей не меняются, так как на этих поверхностях не допускается выпадение конденсата. Количество влаги, впитываемой деревом и выделяемой им мало, и традиционно не учитывается. Баланс влаги воздуха принимается нестационарным и учитывает на каждом временном шаге количество влаги, ассимилируемое или выделяемое внутренним воздухом в процессе изменения своего состояния, влагу, выделяемую посетителями, вентиляционным и инфильтрационным воздухом:

$$\rho_e \cdot V_n \frac{dd_e}{dz} + W_{люд} = G_{вент}(d_v - d_{пр}) + G_{инф}(d_v - d_n), \quad (7)$$

$\rho_e \cdot V_n \frac{dd_e}{dz}$  – количество влаги, поглощенное внутренним воздухом, за время  $dz$ ;  $W_{люд}$  – количество влаги, выделяемое людьми, г/ч;  $G_{вент}$ ,  $G_{инф}$  – расходы вентиляционного и инфильтрационного воздуха, кг/ч;  $d_v$ ,  $d_{пр}$ ,  $d_n$  – влагосо-

держание внутреннего, приточного и наружного инфильтрационного воздуха, г/кг.

По данным о температуре и влажосодержании внутреннего воздуха можно определить его относительную влажность.

### Библиографический список

1. Малявина Е.Г., Асатов Р.Р. Влияние теплового режима наружных ограждающих конструкций на нагрузку системы отопления при прерывистой подаче теплоты. *Academia. Архитектура и строительство*. 2010, №3. С. 324 – 327.

2. Гагарин В.Г., Иванов Д.С., Малявина Е.Г. Разработка климатологической информации в форме специализированного «типового года». *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета*. Серия: Строительство и архитектура. 2013, №31-1(50). С. 343 – 349.

3. Малявина Е.Г., Иванов Д.С. Разработка расчетного типового года для определения теплотерь заглубленных в грунт частей здания. *Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова*. Выпуск 571. С.182 – 191.

4. ISO 15927-4:2005. Hygrothermal performance of buildings — Calculation and presentation of climatic data — Part 4: Hourly data for assessing the annual energy use for heating and cooling / ISO 15927-4:2005. – 2005.

5. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23–01–99\*. М.: Минрегион России, 2012. – 110 с.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ УСТАНОВКИ С ЗОНАЛЬНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ВОЗДУХА В ЗАГОРОДНОМ ДОМЕ**

*Ахметов М.И., студент 4-го курса 33 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Шилкина С.В., доц., к.т.н.*

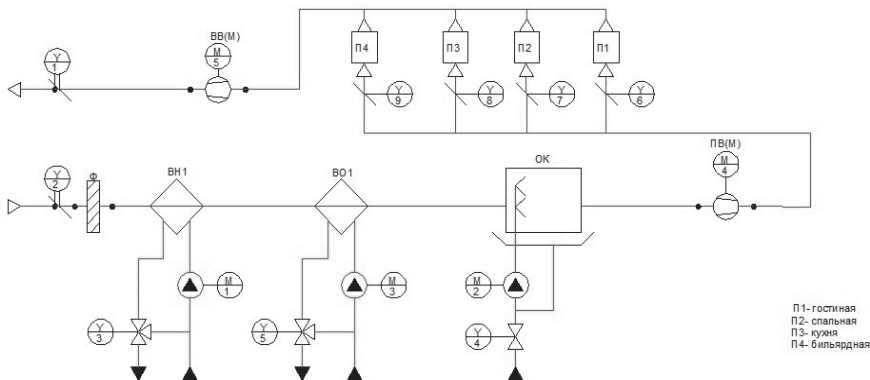
Обустройство загородного дома требует не только декорации, но и проведения коммуникаций. Если речь идет о вентиляционной системе, то ее проектирование зависит от стройматериалов. Не последнее место играет расположение загородного дома, а также природные факторы.

Зачем нужна вентиляция в доме? Помещение без вентиляции быстрее пропитывается влагой, из-за чего усиливается дискомфорт. С помощью вентиляции можно избавиться от воздуха с углекислым газом и неприятных запахов. Многочисленные исследования ученых подтвердили, что сбалансированная циркуляция воздуха положительно влияет на здоровье человека, снабжая организм кислородом.

Много лет назад в жилых домах система вентиляции была естественной: воздух легко проникал в дом сквозь щели в деревянных дверях и рам-

ках окон. Такое достаточно простое устройство вентиляции могло обеспечивать постоянный поток свежего воздуха независимо от времени года и температурного режима в доме. В настоящее время все больше людей устанавливают пластиковые окна, которые хорошо удерживают тепло в доме. Однако это ухудшает работу естественной вентиляции. Чтобы устранить данную проблему, потребуется качественная вентиляционная система.

На рис. 1 представлена технологическая схема приточно-вытяжной установки.



**Рис. 1.** Технологическая схема приточно-вытяжной установки: воздушный фильтр (Ф); воздушные заслонки (Y1, 2, 5, 6, 7, 8); калорифер или нагреватель (ВН1); двухходовой (Y4) и трехходовой (Y3, Y5) регулирующие шаровые клапаны; вентиляторы (М4, М5); оросительная камера (ОК); циркуляционный насос (М1, М2, М3); воздухоохладитель (ВО1)

При работе системы открывается воздушный клапан (Y2) и (Y1). Фильтр очищает поступивший воздух (от пыли, насекомых). ВН1 прогревает воздух (зимой), а ВО1 охлаждает воздух (лето). ОК (оросительная камера) увлажняет зимой воздух, подающийся в помещения. ПВ(М4) (приточный вентилятор) подает воздух в помещения. Воздушные клапаны (Y6...Y9) регулируют подачу воздуха в помещения. ВВ(М5) (вытяжной вентилятор) удаляет воздух из помещений.

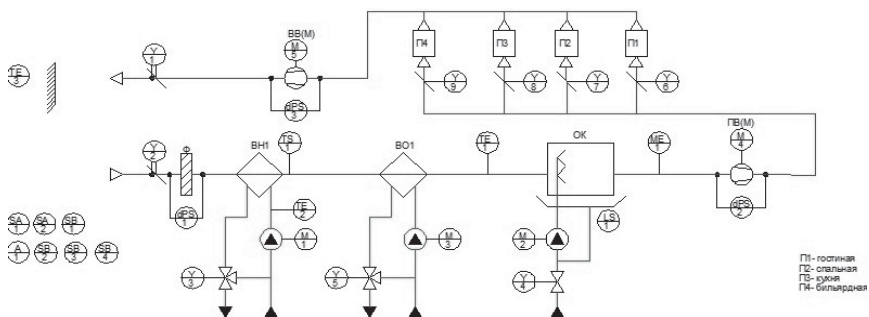
Данная установка не автоматизирована, следовательно затраты на воду и электроэнергию очень велики. Для того чтобы избежать больших затрат, мы должны автоматизировать приточно-вытяжную установку, тем самым понизив расход горячего и холодного водоснабжения, уменьшив время работы оборудования и затраты на электроэнергию.

Энергосбережение – важная задача по сохранению природных ресурсов. Новый дом только построен, но он уже с первого дня требует значительных денежных средств на свое содержание, при этом затраты на строительство далеко не самая большая часть расходов в течение всего жизненного цикла здания. Энергопотребление – самая затратная часть на содер-

жание дома и не секрет, что значительная часть энергии тратится совершенно бессмысленно. Энергопотери обычно возникают по следующим причинам: неудачный проект здания, некачественные или неподходящие строительные материалы, низкое качество строительства, человеческий фактор.

Нужно четко понимать, что вложения в автоматику – инвестиции, т.е. имеют некий срок окупаемости и после начинают приносить «прибыль». Интересный факт: снижение температуры в помещении на 1 °С, дает экономию энергии отопления 6-7 %. Один из самых эффективных способов энергосбережения – замена человека автоматикой (для контроля за отоплением, вентиляцией и освещением).

Автоматизация приточно-вытяжной установки с зональным управлением осуществляется с помощью датчиков, приводов, контролера (МС-12) и модулей расширения (рис. 2).



**Рис. 2.** Функциональная схема автоматизации: ТЕ - датчики температуры, TS - термостат, ME - датчик влажности, dPS - датчики реле перепада давления, LS - датчик протечки

Система предусматривает управление и контроль следующих параметров:

- 1) контроль температуры обратного теплоносителя ТЕ2;
- 2) контроль температуры приточного воздуха ТЕ1 после ВН1;
- 3) контроль засорения фильтра (Ф) по датчику реле перепада давления воздуха (dPS1);
- 4) контроль работоспособности приточного вентилятора (М4) и вытяжного вентилятора (М5) по датчику реле перепада давления (dPS2, dPS3);
- 5) контроль влажности(МЕ1);
- 6) управление воздушной заслонкой электроприводом (Y1, Y2, Y6, Y7, Y8, Y9);
- 7) управление регулирующим клапаном (Y3) в ВН1;
- 8) управление регулирующим клапаном (Y5) в ВО1;
- 9) управление клапаном (Y4) в ОК1;

Если рассматривать вентиляцию с точки зрения затрат энергоносителей, то следует сказать о потреблении горячей воды в зимний период. В зимний период осуществляется регулирование теплопроизводительности в калорифере (ВН1), а так же использованием холодной воды в оросительной камере (ОК). В летний период используем потребление холодной воды в водоохладитель (ВО1), при этом осуществляем регулирование в холода подаче. Но главный эффект заключается в зональном распределении воздуха по помещениям. Это значит, что используя несколько устройств, таких как ВН1, ВО1 и ОК, мы можем нагревать, охлаждать и увлажнять воздух сразу в нескольких помещениях одновременно. Теперь мы зададимся вопросом: «зачем нам подавать воздух в те помещения, которое мы не используем в данный момент?». Для этого мы создадим режимы: день, ночь, гости, представленные в табл. 1, для управления заслонками с помощью электроприводов. Это позволит нам попросту не циркулировать воздух в больших объемах.

Таблица 1

Режимы Заслонки	Ночь(SB2)	День(SB3)	Гости(SB4)
Y6(П1)	30%	50%	100%
Y7(П2)	100%	20%	20%
Y8(П3)	30%	70%	80%
Y9(П4)	20%	30%	50%

### Выводы

Внедрение системы автоматизации позволит нам осуществлять все операции автоматически. Благодаря датчикам, система стала более точной, что позволяет производить более качественное регулирование. Новый вариант довольно сложный, но несмотря на значительные затраты по сравнению с базовым вариантом, расход горячей и холодной воды снижается на 35%. Уменьшение годового времени работы оборудования позволяет экономить электроэнергию. При этом срок окупаемости предложенных решений составляет 11 месяцев.

### Библиографический список

1. Бондарь Е.С. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха. – ТОВ «Видавничий будинок «Аванпост-Прим», 2005.
2. ГОСТ 21.408-93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов.
3. ГОСТ 21.404-85 Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.
4. Еремкин А.И., Королева Т.И. Экономика энергосбережения в системах отопления, вентиляции и кондиционирования. – М.: Изд-во АСВ, 2008.

## **АКТУАЛЬНОСТЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ. АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТА ЖИЛОГО ДОМА**

*Гаврилова Н.Г., студентка 4-го курса 33 группы ИЭСМ  
Научный руководитель – Шилкина С. В., доц., к.т.н.*

В настоящее время очень много жилых домов разных типов, одна из которых П44Т. П44Т – типовая серия панельных домов – самая массовая типовая серия жилых домов в Москве. И с каждым годом они оснащаются всё большим множеством инженерных систем и техническим оборудованием. В первую очередь, при проектировании и строительстве этих зданий стоит вопрос об экономии энергетических и материальных ресурсов, одним из решений этой задачи является автоматизация.

Автоматизация – это внедрение технических средств, необходимых для управления процессами и организации автономного функционирования компонентов системы без непосредственного участия человека, но при контроле с его стороны. Системы автоматизации применяются во многих отраслях промышленности и производства, которая в свою очередь повышает надежность и стабильность системы, положительно сказывается на производительности и экономичности труда.

В первую очередь, любая автоматизированная система управления должна обеспечивать:

- Непрерывное измерение и отображение параметров всей системы;
- Автоматическое регулирование параметров (температура, давление);
- Автоматический расчет задания температуры на основе данных о температуре наружного воздуха (в системе теплоснабжения);
- Выдача сигнала об аварии при возникновении неисправностей и при выходе параметров системы за предельные значения. Автоматическое выключение системы при критических аварийных ситуациях.
- Все данные о работе системы должны передаваться на диспетчерский пульт.

Автоматизация позволяет осуществить эффективное энергосбережение функционирование любых систем и процессов.

Применение автоматического регулирования отпуска теплоты в тепловых пунктах зданий является одним из основных и эффективных путей энергосбережения.

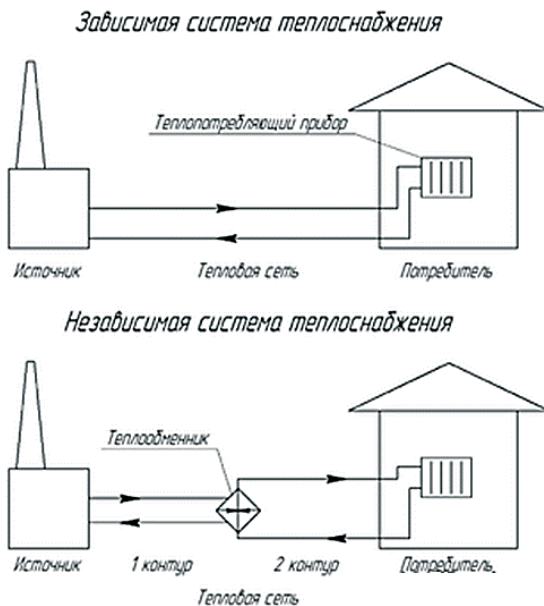
Средства автоматического регулирования в частности применяются для систем отопления и горячего водоснабжения (ГВС) зданий в центральных (ЦТП) и индивидуальных (ИТП) тепловых пунктах.

Тепловой пункт представляет собой комплекс установок, предназначенных для распределения тепла, поступающего из тепловой сети, между потребителями в соответствии с установленными для них видом и параметрами теплоносителя.



Известны два основных способа подключения систем теплоснабжения зданий к тепловым сетям централизованного теплоснабжения:

- подключение по зависимой схеме;
- подключение по независимой схеме.



**Рис. 1.** Способы подключения систем теплоснабжения зданий к тепловым сетям

Независимая схема подключения основана на создании собственного (независимого) водяного контура отопления здания, который связан с контуром сетевой воды котельной через теплообменник, обеспечивающий передачу тепла от сетевой воды, но исключающий проникновение самой сетевой воды во внутренние системы теплоснабжения здания. Регулирование температуры воды в независимом (вторичном) контуре производится за счет изменения расхода сетевой воды в первичном контуре теплообменника.

При зависимой схеме вода из теплосети подается в батареи (на прямую) без использования теплообменника.

Индивидуальный тепловой пункт может включать в себя множество систем, основными из которых являются:

- 1) система холодного и горячего водоснабжения;
- 2) система теплоснабжения вентиляционных установок;
- 3) система отопления;
- 4) узел учёта тепловой энергии.

Рассмотрим индивидуальный тепловой пункт, который включает в себя системы автоматического регулирования технологических параметров отопления, узла учета тепловой энергии, ГВС и подпитки.

Первичным теплоносителем для систем отопления и горячего водоснабжения служит сетевая вода с параметрами теплоносителя 150 °С в подающем трубопроводе теплосети и 70 °С в обратном трубопроводе.

Системы отопления зданий подключаются к тепловым сетям по независимой схеме через теплообменник. Теплоноситель в системе отопления  $t = 95 - 70^{\circ}\text{C}$ . Регулирование отпуска тепла осуществляется по температуре наружного воздуха, с помощью клапана расхода теплоносителя, который устанавливается на подающем трубопроводе теплосети. Количество циркуляционных насосов системы отопления два – один рабочий, один резервный.

Заполнение и подпитка местной системы отопления осуществляется из обратной магистрали теплосети при помощи подпиточных насосов. Всего установлено два подпиточных насоса, работа которых зависит от давления в обратном трубопроводе системы отопления. Исправность насосов контролируется с помощью датчиков давления. При выходе из строя одного из насосов происходит переключение на резервный.

В проекте принята двухступенчатая схема приготовления воды на нужды горячего водоснабжения. Температура воды в системе горячего водоснабжения после подогревателя ГВС к потребителям принята 60 °С. На ветке циркуляции ГВС установлено два циркуляционных насоса, работающих попеременно. При двухступенчатой схеме нагрева воды циркуляция осуществляется через вторую ступень водоподогревателя.

На вводе в ЦТП устанавливается прибор учета тепловой энергии на подающей и обратной магистралях теплового ввода.

В ходе исследования системы ИТП был осуществлен подбор контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации (КИПиСА). Был проведен анализ технологии и оборудования автоматизируемого процесса, в результате чего:

- экономия тепловой энергии составило на 20-30% за счет своевременного и точного управления подачей тепла при изменениях окружающей среды;
- экономия электрической энергии 5-10% за счет выбора оптимальных режимов работы насосов;
- снижение затрат на содержание персонала за счет снижении трудоемкости обслуживания теплового пункта.

Рассмотрим более подробно преимущества автоматизации индивидуального теплового пункта. При автоматизации тепловых пунктов решаются следующие задачи:

- Автоматический пуск и остановка всей системы в целом, и также отдельно каждого контура;
- Поддержание постоянного расхода и давления теплоносителя;
- Регулирование температуры при присоединении системы отопления по независимой схеме и защита системы отопления от повышения давления.
- При автоматизации системы отопления у потребителей подача тепловой энергии обеспечивается путём поддержания регулятором отопления заданного графика температур теплоносителя.

- Управление теплоснабжением осуществляется с учётом температуры наружного воздуха и динамики её изменения. Учёт тепловой инерции позволяет выровнять температуру внутри отапливаемых помещений, а также уменьшает неравномерность нагрузки на тепловую сеть (ТС).

- Обеспечение качественного (количественного) регулирования подачи теплоносителя в систему отопления потребителей.

- Улучшение функционирования системы теплоснабжения в целом.

- Обеспечивается аварийная сигнализация и защита систем теплопотребления при превышении и понижении допустимых параметров теплоносителя по давлению и температуре.

- Сигнализация звуковая/световая о выходе параметров техпроцесса за границы допуска и в аварийных ситуациях;

- Технологические блокировки и автоматическая защита технологического оборудования при возникновении аварийных ситуаций.

Все вышеперечисленные преимущества справедливы как для индивидуального теплового пункта, так и для любых других инженерных систем, на которых установлена автоматизированная система управления.

Таким образом, можно сделать вывод, что автоматизация обеспечивает не только энергоэффективное функционирование любых процессов и систем, но и позволяет осуществить их безопасное и комфортное для человека использование.

#### Библиографический список

1. Шилкина С.В., Буянов В.О. Разработка новых технических решений по автоматизации индивидуального теплового пункта // Строительство – формирование среды жизнедеятельности. Сборник трудов XVIII Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (22–24 апреля 2015 г., Москва) – М.: МГСУ, 2015.

2. Самарин О.Д. Теплофизика. Энергосбережение. Энергоэффективность: монография – М. : МГСУ: Изд-во АСВ, 2009. – 292 с.

3. Фокина Е.Н., Гаврилова Н.Г. Интеллектуальные системы управления зданием. Интеллектуальное здание // Строительство – формирование среды жизнедеятельности. Сборник трудов XVIII Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (22–24 апреля 2015 г., Москва) – М.: МГСУ, 2015.

4. Самарин О.Д. Теплофизические и технико-экономические основы теплотехнической безопасности и энергосбережения в здании: монография – М.: МГСУ, 2007. – 159.

5. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование, К.: И ДП «Такі справи» 2007 г.

6. Шилкина С.В. Технико-экономический анализ: учебно-практическое пособие – М.: МГСУ, 2012. 135 с.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

*Алексеев Е.С., студент 4-го курса 32 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Гордеев-Бургвиц М.А., доц., к.т.н.*

Одним из главных факторов роста производительности труда в промышленном производстве является автоматизация. Развитие технических средств – это непрерывное условие ускорение темпов роста автоматизации. К техническим средствам автоматизации относятся все устройства, входящие в систему управления и предназначенные для получения информации, ее передачи, хранения и преобразования, а также для осуществления управляющих и регулирующих воздействий на технологический объект управления.

В основе развития технологических средств автоматизации лежат интересы автоматизируемых производств потребителей и экономические возможности предприятий. Внедрение новой техники может быть целесообразно только при условии быстрой окупаемости затрат. Критерием по внедрению и разработке новых средств автоматизации должен быть суммарный экономический эффект, с учетом всех затрат на разработку, производство и внедрение.

Вопрос установки автоматизированной вентиляционной системы на предприятиях очень актуален. Во время рабочего процесса в течении трудового дня в цехах происходит загрязнение воздуха вредными продуктами. Без системы кондиционирования и вентиляции, которая очищает воздух в цеховых помещениях, предприятие не пройдет сертификацию на соответствие по санитарным нормам. Главным критерием прохождения сертификации считается обеспечение условий безопасной работы для трудящихся в промышленных предприятиях. Система вентиляции обеспечивает своевременную очистку воздуха от вредных примесей, которые образуются на разных этапах технологического процесса.

Промышленной вентиляцией и кондиционированием поддерживается правильный температурный режим, так как в процессе работы оборудования и станков воздух перегревается и происходит загрязнение частицами пыли и продуктами, полученными при обработке материалов.

Работа приточно-вытяжной вентиляции предприятия включает организацию управления одной системой, которая является основой для разработки подобных систем. Отличительной особенностью данной системы является то, что автоматизация вентиляции разработана на свободно программируемом контроллере МС8 фирмы «MZTA». Применение контроллеров данного типа экономически эффективно из-за относительно низкой стоимости и возможностью добавления модулей расширения. Кондиционирование воздуха осуществляется комплексом технических средств, называемым системой кондиционирования воздуха (СКВ). В состав СКВ входят технические средства забора воздуха, подготовки, то есть придания необходимых кондиций (фильтры, теплообменники), перемещения (вентилято-

ры) и его распределения, а также средства хладоснабжения и теплоснабжения, автоматики, дистанционного управления и контроля.

Система разрабатывается для автоматизированного управления вентиляционным оборудованием. Управление реализуется с помощью регулировки положения клапанов теплоносителей, включением-отключением вентиляторов и циркуляционного насоса, открытием-закрытием воздухозаборных заслонок. Поддержание заданной температуры на промышленных предприятиях является основным предназначением разрабатываемой системы.

Регулирование температуры в обслуживаемом помещении осуществляться по датчику приточного воздуха или датчику, расположенному в помещении, также будет измеряться температура наружного воздуха, для автоматического переключения режима «Лето/Зима» и температура обратной воды калорифера в стояночном (дежурном) режиме при нагреве.

В системе предусмотрена защита от замораживания калорифера в режиме «Зима» по температуре обратной воды и по воздушному контактному датчику защиты от замораживания (термостату). Также защита от превышения температуры обратной воды калорифера в зависимости от температуры наружного воздуха в рабочем режиме при нагреве. Также возможна автоматическая смена режимов в течение суток и по дням недели, а также автоматический переход в режимы «Зима-Лето» по температуре наружного воздуха. При пуске зимой прогрев калорифера.

Предусмотрена сигнализация об авариях: возможности замерзания установки, аварии вентиляторов и насосов, загрязнении воздушного фильтра, обрыв и замыкание датчиков температуры и других отказов. Реализована индикация температуры, давления на воздушном фильтре, состоянии дискретных датчиков и т.д., а также настройка параметров при помощи встроенного в контроллер пульта оператора и автоматическое отключение оборудования при пожаре.

В систему входят так же дополнительные подсистемы, обеспечивающие не только адекватное функционирование системы, но и комфортное взаимодействие оператора с ней. Это подсистемы удалённого администрирования системы, локальной визуализации и формирования отчётов о работе системы.

При эксплуатации и обслуживании технических средств системы необходимо выполнять меры электробезопасности в соответствии с «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей». Конструкция системы обеспечивает безопасность пользователя при выполнении им правил эксплуатации.

Система является стационарной и после монтажа и проведения пусконаладочных работ транспортировке не подлежит.

Разрабатываемая техническая система автоматического управления приточно-вытяжной вентиляционной установкой сходна уже разработанным устройствам, основное различие в том, что система была разработана на свободно программируемом контроллере MC8 фирмы «MZTA». Важно

отметить главные принципиальные различия разрабатываемой системы от традиционно используемых на подавляющем большинстве российских предприятий:

- применение свободно программируемого контролера позволяет более точно поддерживать заданные параметры температуры, чем при ручном управлении;

- возможность в абсолютно любое время подключить новые системы, достаточно добавить модули расширения или модифицировать работу системы по заявке заказчика;

- использование автоматического управления позволяет не держать в штате предприятия людей ответственных за постоянное поддержание комфортных условий для рабочих. Следовательно, понижаются эксплуатационные затраты и производственный риск, непосредственно связанный с человеческим фактором;

- большой гарантийный срок на комплектующие изделия;

Из-за низкой цены комплекта автоматики (по сравнению с другими предложениями) использование данной системы экономически эффективно. Также обеспечивается защита дорогого оборудования. Это обеспечивает экономию на ремонте или замене оборудования. Система имеет высокие энергосберегающие свойства, что обуславливает достаточно быстрые сроки ее окупаемости.

#### Библиографический список

1. Бондарь Е.С., Пажин Б.К., Троегубов С.В. //Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха под ред. Е.С. Бондаря. – К.: «Аванпост-Прим», 2005.

2. Богословский, В.Н. Отопление и вентиляция: учебник для вузов и сузов / В.Н. Богословский, С.П. Маминов – М: Стройиздат, 1976.

3. Зедгенизов Д.В. Формирование алгоритмов управления воздухораспределением в вентиляционных сетях // ИГД СО РАН. Изв. вузов. – Автоматизация. 2010. №7. С. 55-62.

4. Кузьмин, М.С. Вытяжные и воздухораспределительные устройства / М.С. Кузьмин, П.А. Овчинников: под общ. ред. М.С. Кузьмина. – М.: Стройиздат. 1987.

5. Молчанов Б.С. Проектирование промышленной вентиляции – СПб.: Стройиздат, 1970.

6. Чарушев, А.В. Автоматизация процессов жизнеобеспечения производства / А.В. Чарушев, Ю.Л. Мартынов – СПб.: Питер, 2010.

7. Юрлов С.П. Нестандартные подходы к реализации процессов управления вентиляционными установками: учебник для вузов – СПб.: Питер, 2011.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ТОРГОВОГО ЦЕНТРА

*Капинос Н.Ю., студент 4-го курса 33 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Широков Л.А. проф., д.т.н.*

Воздух, который находится внутри любого помещения может изменять свой состав, температуру и влажность под действием многих факторов: изменений параметров наружного воздуха, выделения тепла, влаги, пыли и вредных газов от людей и технологического оборудования. В результате воздействия этих факторов воздух помещений может принимать состояния, неблагоприятные для самочувствия людей или препятствующие нормальному протеканию технологического процесса. Для поддержания благоприятного качества внутреннего воздуха необходимо осуществлять воздухообмен, т.е. удаление загрязненного внутреннего воздуха и подача более чистого наружного.

В местах большого скопления людей жизненно необходимо осуществлять поддержание расчетных параметров внутреннего воздуха. Одним из объектов, в котором необходимо постоянно регулировать параметры внутреннего воздуха, является торговый центр. Несмотря на определенную схожесть, каждый многофункциональный торговый центр имеет свои индивидуальные черты: площадь помещения, количество уровней, месторасположение, график работы, наличие, количество и расположение дополнительных функциональных зон, различные архитектурные и дизайнерские особенности. Все эти параметры влияют на выбор того или иного решения при устройстве вентиляции, поэтому для каждого объекта система рассчитывается индивидуально.

В качестве оборудования для вентиляции в торговых центрах обычно используются **центральные кондиционеры**.

Центральный кондиционер – это модульный агрегат, состоящий из отдельных секций. Как правило кондиционер оснащается следующими секциями секциями : вентиляторной, охлаждения, обогрева, фильтрации, шумоподавления, увлажнения и рекуператором. Оборудование собирается под заказ и отвечает индивидуальным требованиям объекта. Все секции собираются в один корпус, который устанавливается в техническом помещении здания.

Основные особенности применения центральных кондиционеров :

1. высокая экономичность и надежность.
2. система автоматического управления позволяет выбрать режим работы для обеспечения заданных параметров воздуха в обслуживаемом помещении.
3. небольшие масса и габариты.
4. простота монтажа и эксплуатации.
5. один агрегат может работать в нескольких режимах – кондиционирование, нагрев воздуха и вентиляция.

6. достаточно широкий диапазон производительности по охлаждению/нагреву.

7. низкий уровень шума.

Также в последнее время большое распространение получают интеллектуальные системы автоматики, состоящие из микроконтроллера и датчиков, расположенных в наиболее важных частях торгового центра. Такие системы проводят постоянный анализ уровня CO и CH в воздухе, замер температуры воздуха и количества посетителей. Согласно данным полученным от датчиков автоматически регулируется мощность вентиляторов и секций охлаждения или нагрева.

Автоматизация вентиляции торгового центра играет огромную роль в поддержании комфортного климата. Она обеспечивает отслеживание заданных параметров микроклимата в любом помещении посредством специальных датчиков. Благодаря полученным данным происходит контроль этих характеристик и при необходимости их корректировка.

Большим преимуществом автоматических систем управления является существенная экономия на эксплуатационных расходах, так как при их использовании оборудование работает в наиболее экономичном режиме. Такой подход к расходу электроэнергии обеспечивает снижение ее потребления до 40 %. Также сводится к минимуму поломки и соответственно дорогостоящий ремонт, что ведет за собой уменьшение расходов на обслуживающий персонал и сокращение его численности.

#### Библиографический список

1. Основы теории автоматического управления. Учебное пособие. Зайцев А.П., 2000.

2. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Бондарь Е.С. (ред), 2003.

3. Надежность автоматизированных систем. Дружинин Г.В., 1977.

4. Сайт Интерклимат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://interclimat.net/info/ventilation/zachem\\_nuzhna\\_ventilyacziya.html](http://interclimat.net/info/ventilation/zachem_nuzhna_ventilyacziya.html), свободный.

5. Автоматика и автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции: Учебник для вузов / А.А.Калмаков, Ю.Я.Кувшинов, С.С.Романова, С.А.Щелкунов; Под ред. В.Н.Богословского.

6. Автоматика и автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции: Учебник для вузов / Калмаков А. А., Кувшинов Ю. Я., Романова С. С., Щелкунов С. А.; Под ред. Богословского В. Н. — Москва: Стройиздат, 1986. — 479 с., ил.

7. Сайт Термокомфорт Плюс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ventilyaciya.by/k2-items/ventilyatsiya-magazinov-i-torgovykh-tsentrov>, свободный.



## СИСТЕМА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ НА БАЗЕ ПЛК

*Шилов И.В., Машинистов П.А., студенты 3-го курса ИИЭСМ  
Научный руководитель – Гордеев-Бурзвиц М.А., доц., к.т.н.*

В настоящее время невозможно представить систему обеспечения микроклимата помещения (СОМ) без системы автоматизированного управления (САУ). Эта статья позволяет оптимизировать работу климатического оборудования снижая расходы на эксплуатацию, например, за счет уменьшения энергопотребления. Она также свободно интегрируется в систему централизованного контроля и управления инженерными, технологическими, информационными и коммуникационными системами, то есть в систему диспетчеризации. Кроме того, САУ повышает надежность СОМ и обеспечивает защиту отдельных ее элементов и узлов от преждевременного износа и выхода из строя под воздействием различных факторов. Необходимость снижения энергопотребления в системах обеспечения микроклимата требует применения энергосберегающего оборудования, энергосберегающих технологий обработки воздуха, различных организационных энергосберегающих мероприятий. Контроллеры, разрабатываемые для управления системами теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха обладают, возможно, меньшей производительностью, чем промышленные программируемые логические контроллеры. Но они имеют встроенные функциональные блоки для систем управления микроклиматом. Контроллеры для систем с переменным расходом воздуха интегрированы с датчиками перепада давления и приводами воздушных заслонок. Их установка, программирование и наладка значительно проще, чем системы, аналогичной по функциональности, но собранной на компонентах промышленной автоматики.

Проектируемая система автоматизации ставит задачу - объединение в одно целое систем жизнеобеспечения административных зданий: таких как отопление и холодоснабжение, а также и вентиляция, алгоритм же работы устройств должен иметь способность к обновлению с лучшей стороны (усовершенствованию), в зависимости от пожелания службы, которая работает с данным оборудованием. В дополнение к сказанному важнейшей проблемой является получение полной информации от данных систем введенных на экран диспетчера, изучение и редактирование предупреждений и сообщений об авариях, которые помогали бы обслуживающему персоналу быстро реагировать на неправильную работу и сбои систем. После внедрения системы автоматизации люди находящиеся в административном здании должны чувствовать себя максимально комфортно во все времена года, при различной температуре. Для конкретного примера мы взяли отель в городе Москва "Sk-Royal". Проблема заключалась в том, что неудовлетворительное состояние системы кондиционирования и вентиляции приво-

дит к некомфортному пребыванию в помещении. Для устранения данной ситуации предлагается реализовать следующий проект.

В данном проекте предлагается использовать контроллеры фирмы Bechhoff, программное обеспечение IconicsGenesis и управляемые коммутаторы FastEthernet. Использование данных контроллеров обосновывается их заводскими характеристиками. Контроллеры серии ВС и СХ имеют встроенные Ethernet порты, через которые они способны обмениваться информацией. Также контроллеры этого типа имеют 64 входных/выходных дискретных и 8 входных/выходных аналоговых каналов. При этом обладая небольшими габаритами, что дает возможность проектировать блоки управления с большим количеством исполнительных устройств и датчиков. Такие щиты управления будут легко усовершенствованы, заменяя и дополняя малогабаритные модули.

Для формирования пункта диспетчеризации административного здания использование хорошо зарекомендовавшей себя системы SCADA Genesis вполне оправдано. Простой и удобный интерфейс на базе мощного графического редактора, позволяет без особых трудов выводить все необходимые данные с контроллеров и датчиков, сигнализируя /предупреждая аварии и сбои.

Для комфортного проживания в работе системы вентиляции традиционно используются нагреватель, охладитель и камеры смешивания. Они участвуют в регулировании технологического параметра (температуры смеси воздуха). В данной статье предлагается осуществить ступенчатое регулирование каждого устройства, т.е. в один момент времени регулятор осуществляет управление одним устройством, в то время как остальные находятся в статичных положениях согласно алгоритмам. Щиты управления реализованы с помощью контроллеров ВС9050 или ВС9020.

Индивидуальные тепловые пункты будут состоять из двух регулирующих клапанов и системой циркуляционных насосов, их работа осуществлена в каскадным регулированием, т.е. постоянно работает один насос, а в случае аварии включается резервный. Щит управления разработан на базе контроллера ВС9050.

Инженерные системы административного здания должны обмениваться между собой информацией и находить лучший режим работы. Примером может быть последовательная работа вентиляционной установки с охладителем, микроклимат в номерах поддерживается с помощью фанкойлов. Пользователь сам сможет выбирать удобную для него температуру. Следовательно даже в холодное время года будет работать охлаждающее устройство (чиллер). Принцип работы, которого заключен в том, что при охлаждении собственного конденсатора с помощью градирен он выпускает некоторое количество тепла просто в атмосферу. Следовательно, что бы избежать ненужных теплопотерь, тем самым поднять энергоэффективность работы, необходимо это тепло использовать для нагрева в вентиляционной установке холодного воздуха с улицы, благодаря чему снизится нагрузка на индивидуальных тепловых пунктах.

После реализации данного проекта система будет работать следующим образом. В одном коллекторе должны быть объединены контуры охлаждения вентиляции в холодильном центре. Смотри какая температура воздуха на улице данный коллектор нужно автоматически менять с использованием задвижек с режима нагрева на режим охлаждения и наоборот. Летом хладоноситель будет проходить через испаритель чиллера, и в контуры охлаждения вентиляционной установки будет поступать охлажденное вещество. Зимой вещество чиллера нагретое конденсатором идет через вентиляцию, нагревая воздух, а затем охлаждается в градирнях. Именно как работает холодильный центр, в летнем или зимнем режиме и должна определять автоматика вентиляционных установок, и в определенные моменты теплообменник охладителя использовать как нагреватель. Если все контроллеры вентиляционных установок здания соединить в общую сеть, то выполнить данную задачу можно без большого труда.

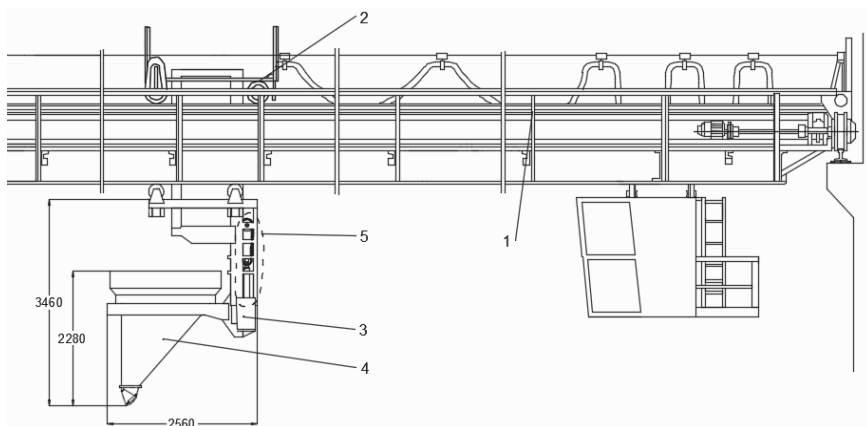
В результате проводимой работы по оптимизации энергоэффективного управления микроклиматом в административном здании было определено, что автоматизация систем вентиляции, индивидуальных тепловых пунктов и систем управления микроклиматом позволяет регулировать температуру в определенных помещениях, создает благоприятные условия и снижает потребление энергии. У контроллеров, которые мы рекомендуем очень большие возможности, если недостаточно входов или выходов в каждом щитке обнаружится место для нескольких модулей шириной 12 мм, и переменные не нужно будет привязывать заново. Перспектива работ в данном направлении будет зависеть энергетических и экономических аспектов от внедрения таких систем.

СЕКЦИЯ МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОСТОВОЙ БЕТОНОРАЗДАТЧИК ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖБИ

*Гутарин А.А., студент 4-го курса 12 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Лукьянов Н.А., доц., к.т.н.*

Для повышения производительности и качества выпускаемых изделий предлагается конструкция автоматизированного мостового бетонораздатчика. Данный бетонораздатчик предназначен для производства железобетонных изделий кассетным способом. Его конструктивное решение представлено на рис. 1.



**Рис. 1.** Схема мостового бетонораздатчика:

1 – мостовой кран; 2 – каретка; 3 – механизм крепления бункера к каретке;  
4 – бункер; 5 – цепной полиспаст

Данная конструкция позволяет закрепить бункер на каретке мостового крана, который уже установлен на технологической линии. Механизм крепления состоит из двух основных частей: неподвижной части, которая крепится к каретке мостового крана, и подвижной, на которую установлен сам бункер.

Так как заправка бункера бетонной смесью и укладка смеси в форму осуществляется на разных высотах, то для подъема-опускания бункера предусмотрен цепной полиспаст. Он дает возможность зафиксировать верхнее и нижнее положение бункера. Полиспаст состоит из следующих частей:

- гидроцилиндр, установленный вертикально, штоком вверх, на неподвижной части;
- блок, закрепленный на штоке гидроцилиндра;
- блок, установленный в верхнем участке неподвижной части крепления;

- цепь, охватывающая блоки и закрепленная в верхней части неподвижной конструкции и нижней части подвижной.

Процесс подъема бункера выглядит следующим образом: при подаче давления в штоковую полость гидроцилиндра шток с блоком перемещается вниз и цепью поднимает вверх подвижную часть крепления. Для опускания бункера в штоковой полости гидроцилиндра происходит сброс давления, тогда бункер своим весом перемещает подвижную часть крепления вниз, а шток гидроцилиндра вверх.

Были определены и рассчитаны основные эксплуатационные параметры бетонораздатчика.

Пропускная способность бункера бетонораздатчика:

$$\Pi = Sv, \text{ (м}^3/\text{с)},$$

где  $S$  – площадь выпускного отверстия бункера,  $\text{м}^2$ ;  $v$  – скорость истечения материала,  $\text{м/с}$ .

Скорость истечения материала:

$$v = \lambda \sqrt{3, 2Rg}, \text{ м/с},$$

где  $\lambda$  – коэффициент истечения бетонной смеси,  $\lambda=0,4\dots0,8$ ;  $g$  – ускорение силы тяжести,  $\text{м/с}^2$ ;  $R$  – гидравлический радиус,  $\text{м}$ .

Гидравлический радиус:

$$R = S/P, \text{ м},$$

где  $P$  – периметр отверстия,  $\text{м}$ .

Время освобождения бункера от бетонной смеси:

$$T = V_6/\Pi, \text{ м/с},$$

где  $V_6$  – объем бункера,  $\text{м}^3$ .

Производительность бетонораздатчика:

$$\Pi_6 = 60 \cdot V \cdot Z_{\text{изд}} \cdot K_p \cdot K_b / T_{\text{ц}}, \text{ (м}^3/\text{ч)},$$

где  $V$  – объем бетона,  $\text{м}^3$ ;  $Z_{\text{изд}}$  – количество одновременно формируемых изделий, шт;  $K_p$  - коэффициент разрыхления бетонной смеси,  $K_p = 1,12\dots1,2$ ;  $K_b$  – коэффициент использования машины по времени,  $K_b = 0,85\dots0,95$ ;  $T_{\text{ц}}$  – время цикла, складывается из продолжительности: наполнения бункера смесью, перемещения к форме, укладки смеси в форму, перемещения укладчика в исходное положение (под загрузку).

Продолжительность наполнения бункера укладчика смесью:

$$T_{\text{н}} = V_6 \cdot K_y \cdot K_{\text{п}} / \Pi_{\text{лр}}, \text{ мин},$$

где  $K_y$  – коэффициент уплотнения смеси;  $K_n$  – коэффициент, учитывающий потери при загрузке в бункер;  $П_{лк}$  – производительность конвейера установленного на подаче смеси, м<sup>3</sup>/мин.

Продолжительность передвижения бетоноукладчика со смесью к форме:

$$T_n = L / V_y, \text{ мин,}$$

где  $L$  – расстояние от загрузочного конвейера до поста формирования смеси, м;  $V_y$  – скорость передвижения, м/мин.

Продолжительность укладки смеси в форму:

$$T_y = (L_{\phi} + L_y) n_{\text{пр}} / V_y, \text{ мин,}$$

где  $L_{\phi}$  – максимальная длина формы, м;  $L_y$  – база бетоноукладчика, м;  $n_{\text{пр}}$  – количество проходов бетоноукладчика;  $V_y$  – скорость передвижения укладчика при укладке смеси в форму, м/мин.

Продолжительность перемещения бетоноукладчика в исходное положение (под загрузку):

$$T_b = L_b / V_y, \text{ мин,}$$

где  $L_b$  – максимальное расстояние для возврата укладчика под загрузку, м;  $V_y$  – скорость передвижения укладчика, м/мин.

Таблица 1

### Основные эксплуатационные параметры

Параметр	Значение
Пропускная способность бункера	0,08, м <sup>3</sup> /с
Время освобождения бункера	25, с
Производительность	18,5, м <sup>3</sup> /ч
Время цикла	6,73, мин

Автоматизация процесса производства позволяет осуществлять управление оборудованием и операциями дистанционно, с помощью использования датчиков, компьютером и программного обеспечения, которые сокращают степень участия человека в процессе. Автоматизированный процесс обладает более стабильными характеристиками, чем процесс, выполняемый в ручном режиме, что позволяет повысить производительность, сократить время выполнения процесса, снизить стоимость, увеличить точность и стабильность выполняемых операций.

На технологической линии установлены конечные выключатели, бункер и кассетные установочные оборудованы датчиками уровня заполнения материала, работа электроприводов контролируется блоками управления, находящимися на щите или пульте.

Автоматизированы следующие процессы:

1. перемещение бетонораздатчика к месту его загрузки;
2. подача бетонной смеси из БСУ с помощью ленточного конвейера;
3. заполнение бункера бетонораздатчика;
4. перемещение бетонораздатчика к формируемому изделию;
5. укладка бетонной смеси в форму с соблюдением технологических требований;
6. возвращение бетонораздатчика в исходное положение.

### Библиографический список

1. Пуляев С.М., Степанов М.А., Кайтуков Б.А., Лукьянов Н.А., Дьяконов Н.А., Капырин П.Д. Механическое оборудование и технологические комплексы: учебное пособие. – М.: МГСУ, 2015. – 480 с.
2. Борщевский А.А., Ильин А.С. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий: учебник для вузов. – М.: Альянс, 2009. – 368 с.
3. Тихонов А.Ф., Автоматизация и роботизация технологических процессов и машин в строительстве: учебное пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2005. – 464 с.
4. Крайнев А.Ф. Механика машин. – М.: Изд-во «Машиностроение», 2000. – 904 с.

### КИНЕМАТИКА ПРИВОДА БЕГУНОВ

*Бодрягин С.А., студент 4-го курса 12 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Лукьянов Н.А., доц., к.т.н.*

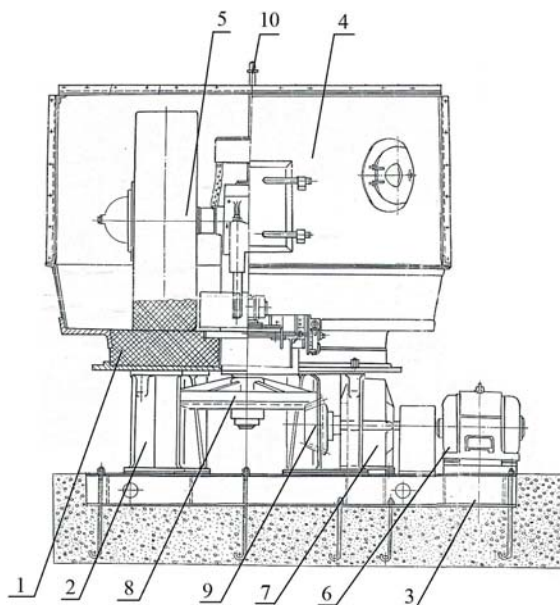
Рассмотрены бегуны СМ-874 с целью улучшения качества продукта при переработке асбеста и повышения надежности работы.

В промышленности строительных материалов бегуны применяют для мелкого дробления (размер кусков готового продукта 3...8 мм) и грубого помола (0,2...0,5мм) глины, кварца и других строительных материалов.

Бегуны СМ-874 по технологическому назначению относятся к бегунам мокрого измельчения (влажность измельчаемого материала более 15...16%), по способу действия являются машиной периодического действия, цикл работы составляет от 9 до 20 минут.

В бегунах увлажненная масса асбеста обминается. Вода, которая проникает в микрощели между волокнами, расклинивает их, нарушая тем самым связь между волокнами и облегчая распушку. Работа бегунов основана на механическом воздействии тяжелых катков, катающихся по расположенному в чаше бегунов слою асбеста. При обработке на бегунах пучки волокон асбеста испытывают сжатие, изгиб, сдвиг, в результате чего между отдельными волокнами образуются трещины. Это ослабляет связь между ними и подготавливает их к окончательному расщеплению.



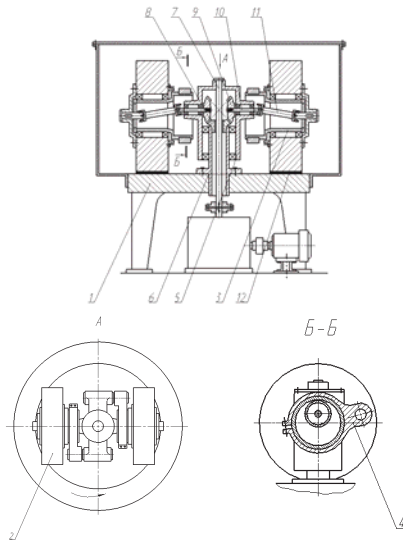


**Рис. 1.** Конструкция бегунов СМ-874

Конструкция бегунов СМ-874 представляет неподвижная чаша 1, опирающуюся стойками 2 на раму 3. На чаше крепится корпус 4, который закрывает механизм обработки асбеста 5. Механизм обработки асбеста 5 приводится в движение от электродвигателя 6 через муфту, цилиндрический двухступенчатый редуктор 7 и зубчатую пару, состоящую из конического зубчатого колеса 8 и конической шестерни 9. Вода подается в бегуны по трубе 10.

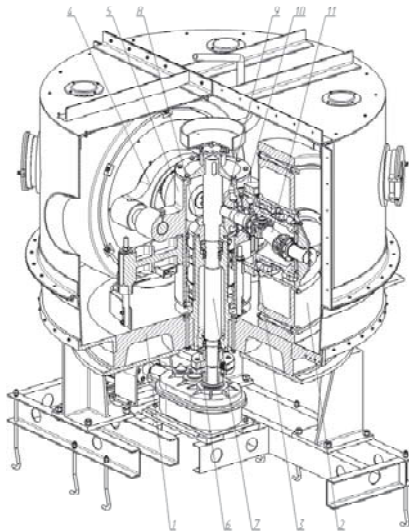
В ходе работы был выбран патент SU 1544485 (рис. 2), его целью является повышение надежности работы и улучшение качества продукта при переработке асбеста. Поставленная цель достигается тем, что водило выполнено полым, а планетарная коническая передача размещена внутри водила, при этом ведомые конические шестерни связаны с катками посредством карданных валов.

На рис. 3 представлены бегуны с принятыми изменениями конструкции, которые содержат корпус с неподвижным подом 1 и катки 2, стаканы 3 которые закреплены в качающихся рычагах 4, соединенных водилом 5. Водило выполнено полым, установлено на неподвижном стакане 6. Внутри водила находится приводной вал 7, жестко соединенный с водилом, и планетарная коническая передача, состоящая из центральной шестерни 8, и ведомых конических шестерен 9. Центральная шестерня закреплена в стакане 6, а валы 10 шестерен 9 установлены на подшипниковых опорах в водиле 5 и посредством карданных валов 11 соединены с катками 2.



**Рис. 2.** Схема модернизации бегунов:

1 – под; 2 – каток; 3 – стакан; 4 - качающийся рычаг; 5 – водило; 6 – стакан; 7 - вертикальный вал; 8 - шестерня коническая; 9 - колесо зубчатое; 10 – вал; 11 - карданный вал; 12 - слой материала



**Рис. 3.** Конструкция бегунов:

1 - под, 2 - каток, 3 - стакан, 4 - качающийся рычаг, 5 - водило, 6 - стакан, 7 - вал приводной, 8 - центральная шестерня, 9 - коническая шестерня, 10 - вал, 11 - карданный вал

## Расчетные формулы

### Расчет мощности потребляемой приводом бегунов

Мощность на перекачивание катков:

$$N_1 = k \cdot G \cdot \mu \cdot 2\pi \cdot R \cdot n, \quad \text{кВт},$$

где  $k$  – количество катков;  $G$  – вес катка, Н;  $\mu$  – коэффициент тяги;  $R$  – средний радиус качения;  $n$  – частота вращения вертикального вала,  $\text{с}^{-1}$ .

Мощность на преодоление трения скольжения катков:

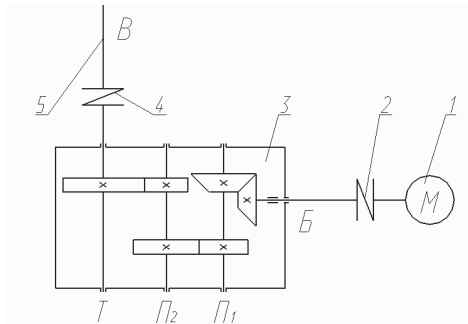
$$N_2 = k \cdot G \cdot V_{\text{ск}} \cdot f, \quad \text{кВт},$$

где  $V_{\text{ск}}$  – средняя скорость скольжения,

Мощность, расходуемая скребками:

$$N_3 = P \cdot i \cdot 2\pi \cdot R_{\text{ср}} \cdot n \cdot f_1, \quad \text{кВт},$$

где  $P$  – сила нажима скребков на тарелку;  $i$  – количество скребков;  $f_1$  – коэффициент трения скребков о тарелку.



**Рис. 4.** Кинематическая схема для расчета приводов

1 - электродвигатель; 2,4 - муфта; 3 - редуктор; 5 - вертикальный вал

Потребляемая мощность двигателя:

$$N_{\text{дв}} = (N_1 + N_2 + N_3) / \eta, \quad \text{кВт},$$

где  $\eta$  – КПД установки.

По полученному значению мощности выбираем электродвигатель

Мощность на выходном валу привода:

$$N_{\text{вых}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{пр}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{пк}}^4 \cdot \eta_{\text{м}}^2 \cdot \eta_{\text{из}}^2 \cdot \eta_{\text{кз}}, \quad \text{кВт},$$

где  $\eta_{пр}$  – КПД привода;  $\eta_{пк}$  – КПД пары подшипников,  $\eta_{пк}$ ;  $\eta_{м}$  – КПД муфты,  $\eta_{пк}$ ;  $\eta_{шз}$  – КПД зубчатой цилиндрической пары;  $\eta_{кз}$  – КПД конической зубчатой пары.

Передаточное отношение привода:

$$U_{пр} = n_{дв}/n_{в},$$

где  $n_{дв}$  – частота вращения вала электродвигателя,  $n_{в}$  – частота вращения вертикального вала.

Передаточное отношение редуктора:

$$U_{ред} = U_{пр}.$$

Подбираем коническо-цилиндрический редуктор.

Мощность, момент и частота вращения находится по методике, представленная в учебнике [4].

### Выводы

1. Основным недостатком действующих бегунов СМ-874, является снижение качества продукта при переработке исходного асбестового сырья.

2. В результате проведенного патентного поиска, выбран патент SU 1544485.

Он повышает надежность работы бегунов, качество обработки исходного сырья, уменьшив истирание и укорочение его волокон, что сокращает на 3% количество асбеста в сырьевой смеси при производстве асбестоцементных изделий.

3. Модернизация бегунов, основанная на использовании данного патента, позволяет провести замену открытой зубчатой передачи, на более надежный трехступенчатый коническо-цилиндрический редуктор.

4. Рекомендуемая модернизация позволяет сократить время технического обслуживания и повысить эффективный фонд времени работы оборудования.

### Библиографический список

1. Бауман В.А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. – 2-е изд., перераб. и доп. / В.А. Бауман, Б.В. Клушанцев, В.Д. Мартынов. – М.: Машиностроение, 1981. – 320 с.

2. Богданов В.С. Основы расчета машин и оборудования предприятий строительных материалов и изделий – учебник / В.С.Богданов, Р.Р.Шарапов, Ю.М.Фадин. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 680 с.

3. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Детали машин. Курсовое проектирование: Учеб. пособие для машиностроит. спец. техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Высш. Шк., 1990. – 399 с.

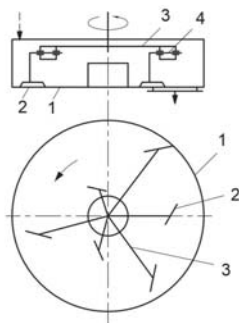
4. Чернавский С.А. Курсовое проектирование деталей машин: учеб. пособие для учащихся машиностроительных специальностей техникумов / Чернавский С.А, Боков К.Н., Чернин И.М. и др. – 2-е изд, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 416 с.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ЛОПАСТЕЙ РОТОРНЫХ БЕТОНОСМЕСИТЕЛЕЙ

*Григорьева М.Н., студентка 4-го курса 12 группы ИИЭСМ*  
*Научный руководитель – Кайтуков Б.А., доц., к.т.н.*

В циклических бетоносмесителях принудительного действия приготавливают однородные смеси любых марок и удобоукладываемости. В таких смесителях можно приготовить даже жароупорные высокоогнеупорные и теплоизоляционные бетоны на цементном вяжущем.

В смесителях принудительного действия материалы смешиваются за счет лопастей, сообщающих частицам самые разнообразные траектории движения. В роторном бетоносмесителе, принципиальная схема которого представлена на рис. 1, компоненты смеси перемешиваются в кольцевом рабочем пространстве неподвижной чаши 1 лопастями 2, закрепленными на роторе 3. Смешивающие лопасти крепятся к ротору с помощью пружинных (рессорных) амортизаторов 4 на разном удалении от оси его вращения, а их рабочие поверхности расположены под различными углами к траектории своего движения. Такая схема установки лопастей, создающих при своем движении продольные и поперечные потоки смешиваемых компонентов, обеспечивает интенсивное и качественное перемешивание смеси любой консистенции.



**Рис. 1.** Принципиальная схема бетоносмесителя:

1 – неподвижная чаша, 2 – лопасти, 3 – ротор, 4 – пружинные амортизаторы

Характерной особенностью процесса перемешивания бетонных смесей в таких смесителях является то обстоятельство, что нагрузки на рабочие органы - лопасти смесителей изменяются с варьированием скорости движения. Это обстоятельство обусловлено изменением физико- механических

свойств смеси в зависимости от скорости деформации и соответствующих изменений сопротивлений движению лопастей в смеси. Таким образом, скорость движения лопастей роторных смесителей определяет не только кинематические параметры механизма привода, но и в значительной степени влияет на нагрузки на рабочие органы, а также на мощность двигателя. С другой стороны, скорость движения лопастей существенным образом влияет на интенсивность перемешивания, обуславливающую качество смеси и производительность бетоносмесителя.

Повышение скоростей движения лопастей некоторые авторы оправдывают возможным снижением расхода цемента вследствие активизации его вяжущих свойств, а другие - увеличением производительности. Следует заметить, что с повышением скорости движения лопастей значительно возрастает мощность двигателя, увеличивается энергоемкость и масса смесителя; вследствие увеличения нагрузки фиксируется значительный износ рабочих органов смесителя. Также необходимо учитывать, что при определении рациональной скорости движения лопастей увеличение скорости выше некоторого рационального значения может привести к снижению качества бетона из-за явления сегрегации смеси.

С целью определения рациональных скоростей движения лопастей был проведен анализ выпускаемых отечественных и зарубежных роторных бетоносмесителей принудительного действия.

В табл. 1 приведены технические характеристики широко применяемых бетоносмесителей.

*Таблица 1*

**Технические характеристики бетоносмесителей принудительного действия**

<b>Бетоносмеситель</b>	<b>СБ-80</b>	<b>СБ-141</b>	<b>СБ-146</b>	<b>СБ-152</b>	<b>СБ-138</b>	<b>СБ-138А</b>
<b>Технические Характеристики</b>						
Емкость смесительной чаши по загрузке, л	250	300	750	1000	1500	1500
Объем готового замеса, л	165	250	500	750	1000	1000
Количество циклов работы в час	40	40	40	40	40	40
Угловая скорость смесительного устройства, мин-1	31	27	32	15	20	20
Мощность электродвигателя, кВт	5,5	11	22	15	37	37
Угловая скорость ротора электродвигателя, мин-1	1440	1500	1520	975	1460	980
Внутренний диаметр чаши, мм	1400	1350	2200	2200	2600	2600
Скорость движения ротора, м/с	2,28	1,92	3,6	1,7	2,7	2,7

По паспортным и рабочим чертежам бетоносмесителей принудительного действия был установлен диапазон скоростей лопастей  $V_{л}$ :

$$V_{л} = 1,84 \dots 3,53, \text{ м/с.}$$

С целью определения рациональных скоростей нами принят критерий минимальных приведенных затрат на производство требуемых марок бетонов.

В результате исследования установили, что наиболее представительным коррелятом цены бетоносмесителя является его масса:

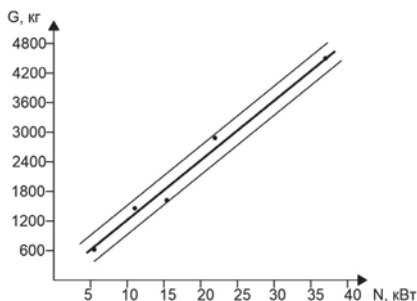
$$Ц = kG_{\sigma},$$

где  $G_{\sigma}$  – вес бетоносмесителя, кг;  $k \cong 0,74$ , руб/кг.

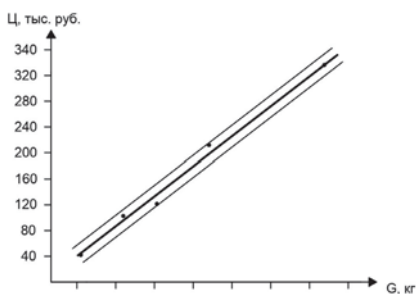
Также были установлены зависимости между весом бетоносмесителя и мощностью двигателя и между объёмом смесителя по загрузке и мощностью двигателя:

$$G_{\sigma} \cong (119 \dots 121)N,$$

где  $N$  – мощность двигателя, кВт.



**Рис. 2.** Зависимость веса бетоносмесителя от мощности электродвигателя



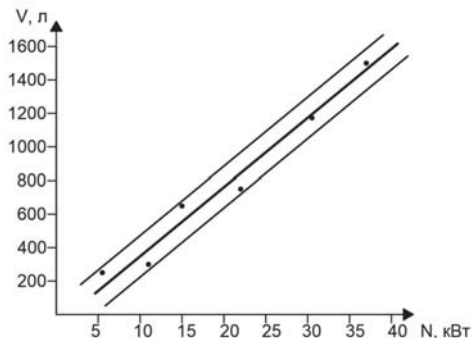
**Рис. 3.** Зависимость цены бетоносмесителя от его веса

$$N = kV,$$

где  $V$  – объём бетоносмесителя по загрузке, л;  $k \cong 44,09$ .

В процессе анализа зарубежных бетоносмесителей установили, что многие зарубежные фирмы, производящие смесители, широко используют в качестве защитной футеровки полимерные материалы. Это позволяет увеличить срок службы данных машин в 1,2...1,8 раза, а также значительно

улучшить санитарно-гигиенические условия труда операторов. Для сравнения, у смесителей с металлической футеровкой на частотах 500...3000 Гц уровень звукового давления превышает нормативный, а при замене металлической футеровки полимер-резиновой этот уровень снижается до допустимого. Кроме того, с применением защитной футеровки существенно снижается износ поверхностей рабочих органов смесителей.



**Рис. 4.** Зависимость объема бетоносмесителя по загрузке от мощности электродвигателя

Дальнейшие исследования позволили выявить, что, например, немецкая фирма *Haber mann materials* поставляет скребки, лопасти и футеровку смесителей, изготовленные из полиуретанового материала под названием *Hawiflex*. Этот материал устойчив к порезам, ударам, обладает высокой устойчивостью к разрыву, имеет звукопоглощающие свойства и высокую гибкость, а также легко очищается. *Hawiflex* позволяет снизить эксплуатационные затраты предприятий и избежать дорогостоящего ремонта.

Также эта фирма разработала эластичный материал на основе полиуретана – *Hawipair*. Он предназначен для восстановления изношенных покрытий из эластичных материалов.

Нами установлено, что фирма *ALOTEC* (США) выпускает современные керамические футеровки с эффективными показателями. Применение такой футеровки сокращает время простоя, уменьшает затраты на замену и увеличивает эффективность производства.

В результате анализа бетоносмесителей был определен рациональный диапазон движения лопастей, а также рассмотрены варианты улучшения футеровки смесителей. Это позволяет повысить их производительность, уменьшить затраты на обслуживание и повысить межремонтные сроки.

#### Библиографический список

1. Емельянова И.А., Доброхотова О.В., Анищенко А.И. Современные строительные смеси и оборудование для их приготовления. - Харьков: Издательство Тимченко А.И., 2010. 152 с.



2. Густов Ю.И., Степанов М.А., Кайтуков Б.А. Анализ конструктивно-расчетных схем бетоносмесителей // Механизация строительства. 2013. № 12. С. 30-31.

3. Королев К.М. Перспективы развития бетоносмесителей // Строительные и дорожные машины. 1984. № 3. С. 10-12.

4. Абрамов В.В., Васильев В.Г., Петухов С.В., Боровских А.В. Совершенствование технологии смесеобразования в двухвальных бетоносмесителях путем организации турбулентного смешивания // Механизация строительства. 2013. № 12.

## КРИТЕРИИ УСТОЙЧИВОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТАЛЕЙ

*Жердева Ю.А., студентка 3-го курса 12 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Катанина А.Г., доц., к.т.н.*

Широко используемые в промышленности металлические материалы претерпевают в процессе эксплуатации различные изменения начальных механических свойств (деформационное упрочнение или разупрочнение при статистических, циклических, ударных нагрузках, при трении и изнашивании и др.). В связи с этим теоретический и практический интерес представляет оценка устойчивости механических свойств посредством критериев их показателей. За основу берутся стандартные показатели пластичности ( $\delta$ ,  $\psi$ ) и прочности ( $\sigma_t$ ,  $\sigma_b$ ), объединенные в уравнение относительных пластических и прочностных величин [1]

$$\delta / \psi + \sigma_m / \sigma_e \quad (1)$$

Рассматривая (1) аналогично ряду Фибоначчи, согласно обобщенной золотой  $p$ -пропорции [2], можно принять в качестве характеристики устойчивости системы механических показателей критерий

$$P = \ln\left(\frac{\sigma_m \psi}{\sigma_e \delta}\right) / \ln\left(\frac{\sigma_e}{\sigma_m}\right) \quad (2)$$

Целью работы является оценка устойчивости механических свойств промышленных сталей посредством критерия золотой  $p$ -пропорции.

Конкретными задачами исследования являются:

Расчетное определение величины  $S$  для вычисления относительных равномерных пластических деформаций  $\delta_p$  и  $\psi$ ;

Определение истинного сопротивления разрыву  $S_k$ ;

Оценка критерия  $p$  устойчивости показателей механических свойств;

Сопоставление критериев устойчивости исследованных сталей;

Установление взаимосвязи критерия устойчивости с истинным сопротивлением разрыву.

Относительные равномерные удлинение  $\delta_p$  и сужение  $\psi$  вычислялись по формуле

$$\delta_p = \left[ \frac{1 + \delta}{C^\psi} \right] - 1, \quad \psi_p = \frac{\delta_p}{(1 + \delta_p)} \quad (3)$$

Величина истинного сопротивления разрыву определялась по зависимости

$$S_k = \sigma_s \left[ 1 + \frac{\psi}{1 - \psi_p} \right] \quad (4)$$

Исходные по [3] и расчетные показатели исследуемых сталей представлены в таблице.

Марка стали	$\sigma_m$	$\sigma_t$	$\delta$	$\psi$	C	P	P/P <sub>s</sub>	S <sub>k</sub> МПа	S <sub>k</sub> /σ <sub>T</sub>
	МПа		%						
09Г2С	295	450	30	66	1,110	0,695	2,736	777,13	2,634
14Г2АФ	480	590	35	73	1,293	1,141	4,492	1045,62	2,178
40Х	780	980	10	45	1,018	5,184	20,409	1440,67	1,847
50ХН	885	1080	9	40	1,044	5,343	21,035	1527,11	1,726
33ХС	1070	1180	14	59	1,144	5,769	22,713	1894,4	1,770
9ХС	445	790	26	54	1,045	0,254	1,000	1263,26	2,839
34ХН3А	860	960	19	49	1,284	2,326	9,157	1442,66	1,678

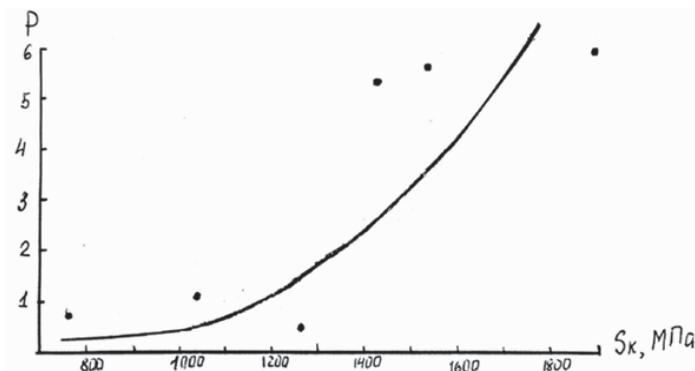
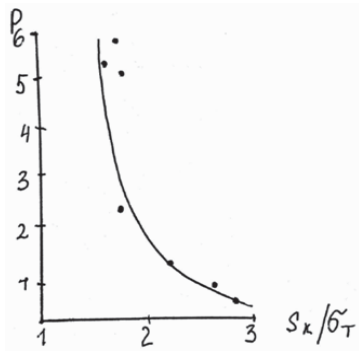


Рис. 1. Зависимость критерия устойчивости от истинного сопротивления разрыву

По результатам расчетов можно отметить следующее:

Для произвольной выборки марок стали и соответствующих показателей механических свойств наименьшей устойчивостью обладает сталь 9ХС ( $P = 0,254$ ), наибольшей – сталь 33ХС ( $P = 5,769$ ).



**Рис. 2.** Зависимость критерия устойчивости от степени упрочнения сталей

Критерии устойчивости сталей относительно принятой за эталон марки 9ХС имеют значения в 3-23 раза больше.

С увеличением истинного сопротивления разрыву  $S_k$  критерий устойчивости  $P$  возрастает по экспоненциальной зависимости вида  $P = P_0 e^{a S_k}$ . (рис. 1) С ростом отношения  $S_k/\sigma_T$  критерий устойчивости уменьшается по экспоненциальному закону  $P = 6e^{1-S_k/\sigma_T}$ . (рис. 2)

Для оценки критерия устойчивости рекомендуется выражение (2).

#### Библиографический список

1. Густов Ю.И., Густов Д.Ю. К развитию научных основ строительного металловедения // Теоретические основы строительства: доклады к рос.-польск. семинара. Варшава. – М.: Изд-во АСВ. 2001. С. 307-314
2. Коробко В.И. Золотое сечение и проблемы гармонии систем. – М.: Изд-во АСВ стран СНГ, 1998 – 373 с.
3. Марочник сталей и сплавов // В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.

### ОЦЕНКА МАТЕРИАЛОВ ПО ТРИАДАМ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ПРОЧНОСТНЫХ И ПЛАСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

*Жердева Ю.А., студентка 3-го курса 12 группы ИИЭСМ  
 Научный руководитель – Густов Ю.И., проф., д.т.н.*

Понятие триады включает два слагаемых и их сумму [1]. Этому условию отвечает уравнение относительных пластических и прочностных показателей вида [2]

$$\delta/\psi + \frac{\sigma_m}{\sigma_g} = C \text{ или соответственно } A + B = C,$$

где  $\delta, \psi$  - соответственно относительные удлинение, %;  $\sigma_T, \sigma_B$  - предел текучести и прочности, МПа.

Строя последовательность чисел по этим исходным величинам по рекуррентной зависимости, аналогичной ряду Фибоначчи, можно найти последовательность триад, которая, на наш взгляд, характеризует формирование микроструктурных частиц материала со свойственными им микромеханическими свойствами пластичности и прочности.

Целью работы является оценка легированных конструкционных сталей по указанным триадам.

Для стали марки 09Г2С получены следующие исходные величины:

$$A = \delta/\psi = 30/66 = 0,4545 \quad B = \sigma_T/\sigma_B = 295/450 = 0,6556 \quad C = 1,110$$

Для каждой триады величин определялись знаменатели ряда  $d$ -отношения последующего значения к предыдущему.

Построенные ряды триад  $T1 \dots Tn$  для стали 09Г2С приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения триад			A	B	C	$d_1$	$d_2$	
T1	1	1,442	2,442	0,4545	0,6556	1,11	1,442	1,693
T2	1,442	2,442	3,884	0,1687	0,2858	0,4545	1,694	1,59
T3	2,442	3,884	6,326	0,0651	0,1036	0,1687	1,591	1,6284
T4	3,884	6,326	10,21	0,0248	0,0403	0,0651	1,625	1,615
T5	6,326	10,21	16,536	0,0095	0,0153	0,0248	1,6105	1,62
T6	10,21	16,536	26,746	0,00363	0,00587	0,0095	1,617	1,6184
T7	16,536	26,746	43,282	0,00139	0,00224	0,00363	1,612	1,62
T8	26,746	43,282	70,028	0,00053	0,000859	0,00139	1,62	1,618
T9	43,282	70,028	113,31	0,0002	0,000328	0,00053	1,64	1,616
Итого :				0,7276	1,110	1,8376		

На основании полученных результатов можно отметить следующее:

1. Процесс изменения величин A и B идет по схеме приближения к золотой пропорции:  $d \rightarrow 1,618$ .

2. Для стали 09Г2С гармоническое отношение достигается по триаде T.8 ( $d_1 = 1,62$ ;  $d_2 = 1,618$ ).

3. Признаком достижения гармонического отношения является равенство суммы значений величин второго столбца (B) величине  $C = 1,11$  третьего столбца.

4. Сумма значений первого столбца (A) равна сумме значений третьего столбца (C) без его верхнего значения. Сумма значений, расположенных ниже 0,6556 второго столбца, равна верхнему значению первого столбца (0,4545).

Рассмотрим показатель  $n = \ln(C/C_v) = \ln(1,11/0,001390) = 6,683$ , при котором  $A = 0,00053 * e^n = 0,00053 * e^{6,683} = 0,4233$ , отличающийся от  $A = 0,4545$  на  $\Delta = 6,86\%$ . При этом  $B = 0,000859 * e^{6,683} = 0,6853$ , имеющий

расхождение с  $B = 0,6556$  равное  $\Delta = 4,53\%$ . Сумма  $A + B = 1,1085$  практически совпадает с  $C = 1,11$  при  $\Delta = 0,14\%$ .

Аналогично построены ряды триада для стали марки 14Г2АФ при исходных данных:  $A = 35/73 = 0,4795$ ;  $B = 0,8136$ ;  $C = 1,293$ . (табл. 2)

Таблица 2

Ряды триад для стали 14Г2АФ

				A	B	C	$d_1$	$d_2$
T1	1	1,6968	2,6968	0,4795	0,8136	1,293	1,6968	1,5892
T2	1,6968	2,6968	4,3936	0,1852	0,2943	0,4795	1,589	1,6293
T3	2,6968	4,3936	7,0904	0,0704	0,1148	0,1852	1,6307	1,613
T4	4,3936	7,0904	11,454	0,027	0,0434	0,0704	1,6074	1,622
T5	7,0904	11,454	18,544	0,0103	0,0167	0,027	1,621	1,6186
T6	11,454	18,544	29,998	0,00393	0,00637	0,0103	1,6209	1,617
T7	18,544	29,988	48,542	0,0015	0,00243	0,00393	1,62	1,6173
T8	29,998	48,542	78,54	0,000573	0,00093	0,0015	1,623	1,613
T9	48,542	78,54	127,08	0,000219	0,000354	0,000573	1,616	1,6186
T10	78,54	127,08	205,632	0,0000837	0,000135	0,000219	1,6129	1,622
T11	127,08	205,622	332,7	0,000032	0,0000517	0,0000837	1,6156	1,61896
T12	205,622	332,7	538,324	0,0000122	0,00002	0,000032	1,639	1,6
Итого:				0,77783	1,2916	2,06933		

Из полученных значений триад можно принять, что для стали 14Г2АФ гармоническое отношение  $d \rightarrow 1,618$  достигается при триаде T9. В этом случае показатель  $n = \ln(C/C_7) = \ln(1,293/0,00573) = 7,72$ . Тогда  $A = 0,000219 * e^{7,72} = 0,4942$  при  $\Delta = 3,06\%$ ,  $B = 0,000354 * e^{7,72} = 0,798$  при  $\Delta = 1,97\%$ ,  $C = 1,2922$  при  $\Delta = 0,062\%$ .

Признаки достижения гармонического соотношения аналогичны приведенным выше для стали 09Г2С.

Целевой интерес представляет роль показателя  $n$  в определении прочностных характеристик сталей: истинного временного сопротивления разрыву  $S_B$  и истинного сопротивления разрыву  $S_K$ .

Для стали 09Г2С получено:  $S_B = 495,6$  МПа  $S_K = 777$  МПа; для стали 14Г2АФ  $S_B = 624$  МПа  $S_K = 1045,6$  МПа

Отношения  $\frac{S_B}{n}$  и  $\frac{S_K}{n}$  сталей имеют значения: для марки 09Г2С

$$\frac{S_B}{n} = \frac{495,6}{6,682} = 74,16 \text{ МПа} \quad \frac{S_K}{n} = \frac{777}{6,682} = 116,3 \text{ МПа}; \text{ для марки 14Г2АФ}$$

$$\frac{S_B}{n} = \frac{624}{7,72} = 80,83 \text{ МПа} \quad \frac{S_K}{n} = \frac{1045,6}{7,72} = 135,44 \text{ МПа. Соответственно обрат-$$

ные величины:  $\frac{1}{n} = \frac{1}{6,682} = 0,150$  и  $\frac{1}{n} = \frac{1}{7,72} = 0,130$ .

Установлено, что для стали 09Г2С напряжение  $\frac{S_k}{n} = 116,3$  МПа практически совпадает со значением  $0,5\sigma_{-1} = 118$  МПа ( $\Delta = 1,46\%$ ); для стали 14Г2АФ  $0,5\sigma_{-1} = 152,7$  МПа удовлетворительно согласуется со значением  $\frac{S_k}{n} = 135,44$  МПа ( $\Delta = 11,3\%$ ).

Также можно отметить близкое равенство  $\frac{1}{n} \approx k_\psi = (1-\psi)^{\frac{1}{\psi}}$ . Для стали 09Г2С  $k_\psi = 0.195 \approx 1/6,682 = 0,15$   $\Delta = 23\%$ ; для марки 14Г2АФ  $k_\psi = 0.166 \approx 1/7,72 = 0.15\Delta = 22\%$ .

Таким образом, можно заключить, что показатель гармонического ряда  $n$  согласует истинное сопротивление разрыву  $S_k$  и предел выносливости при изгибе  $\sigma_{-1}$ , т.е.  $S_k = 0,5n\sigma_{-1}$ . Так же возможно принять оценочную связь коэффициента относительного сужения  $k_\psi$  с обратной величиной  $n$ , т.е.

$$k_\psi = (1-\psi)^{\frac{1}{\psi}} \approx \frac{1}{n}.$$

#### Библиографический список

1. Коробко В.Н. Золотое сечение и проблемы гармонии систем. Изд-во АСВ стран СНГ. М., 1998. 373 с.
2. Густов Ю.И., Густов Д.Ю. К развитию научных основ строительного металловедения. Теоретические основы строительства: доклады X российско-польского семинара. Варшава М., изд-во АСВ, 2001 с. 307-314.

### **АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ВИБРОПЛОЩАДОК С МНОГОКОМПОНЕНТНЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

*Король Д.П., студент 6-го курса 1 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Васильев В.Г., доц., к.т.н.*

При изготовлении железобетонных изделий одной из важнейших технологических операций, от которой зависит степень уплотнения и однородность готовых изделий, достижение заданных форм и геометрических размеров, необходимое качество лицевых поверхностей, является процесс формования. Недоуплотнение бетонной смеси в изделии на 1 % снижает прочность бетона на 5-7 %, а в случае использования жестких смесей – до 13 % [1, 2].

Вибрационное уплотнение в настоящее время является наиболее универсальным и производительным способом формования бетонных и железобетонных изделий широкой номенклатуры, причем по характеру передачи колебаний на бетонную смесь наиболее распространенным способом

является объемное формование на виброплощадках. В настоящее время более 80 % всех изделий крупнопанельного домостроения изготавливаются на виброплощадках.

Для оценки эффективности вибрационного воздействия на уплотняемую смесь при формовании изделий обычно используют параметр интенсивности  $I$  колебаний, который может определяться [3]:

а) максимальным ускорением колебаний рабочего органа формовочной машины (интенсивность по ускорению)

$$I_a = A\omega^2,$$

где  $A$  – амплитуда перемещения;  $\omega$  – круговая частота вибрирования;

б) величиной, пропорциональной мощности колебаний рабочего органа формовочной машины (интенсивность по мощности)

$$I_N = (A^2 \omega^3).$$

Интенсивность по ускорению является наиболее универсальным параметром, которым рекомендуется пользоваться при оценке работы действующих формовочных установок. Следует отметить, что ускорение легко измеримо в заводских условиях лабораторной аппаратурой и этот параметр может быть использован для регулирования режимов работы виброплощадок.

Анализ конструкций основных видов виброплощадок (с круговыми и направленными колебаниями, горизонтального действия, ударно-вибрационных рамных и блочных, ударных и других) показал, что наряду с виброплощадками, совершающими колебания в одной плоскости (вертикальной или горизонтальной), разработаны конструкции формирующих машин, которые обеспечивают одновременное движение рабочего органа в двух плоскостях – так называемые виброплощадки с многокомпонентными (пространственными) колебаниями.

На предприятиях стройиндустрии для формования изделий из подвижных бетонных смесей, а также для формования массивных крупногабаритных изделий в форме предназначены виброплощадки с многокомпонентными колебаниями конструкции К.А. Олехновича с дебалансными вибраторами, ось которых располагается либо в вертикальной плоскости или под некоторым углом к вертикали [4, 5].

В настоящее время создан целый ряд таких виброплощадок грузоподъемностью  $(10 \dots 60) \cdot 10^3$  кг с частотой колебаний  $f = 24 \dots 25$  Гц, амплитудой горизонтальных колебаний  $A_g = 0,6 \dots 0,8$  мм, вертикальных -  $A_e = 0,25 - 0,45$  мм.

К сожалению, существующие конструкции станковых формовочных машин не удовлетворяют современным требованиям в связи с их большим ресурсопотреблением и невысоким качеством изготавливаемых железобетонных изделий, малой эффективностью, низкой эксплуатационной надежностью, а также превышением допустимых норм по уровню шума и вибрации [1, 2, 6].

В работах О.А. Савинова, К.А. Олехновича, В.Н. Шмигальского, Н. Ребу и других [2, 7, 8, 9] показано, что одним из способов повышения эффективности вибрационного формования бетонных и железобетонных изделий является использование машин со свободно устанавливаемой (без крепления) на вибростоле формой.

Теоретические разработки создания виброплощадок со свободно устанавливаемой формой были проведены Е.Г Зиновьевым [9]. Им исследовались спектры импульсов, генерируемых в бетонную смесь в процессе взаимодействия элементов системы «рабочий орган - упругий элемент - форма - бетонная смесь» и было получено, что процессы виброуплотнения смесей происходят более интенсивно при воздействии спектров, содержащих большое количество составляющих, несущих энергию выше пороговой. И именно при многокомпонентном движении формы с бетонной смесью генерируется широкий и практически непрерывный спектр частот, передающийся в смесь.

Авторами [9, 10] было теоретически и экспериментально доказано, что гармонический состав спектра колебаний, распространяющихся в бетонной смеси, зависит от соотношения масс и характеристик упругого элемента (контакта) между формой со смесью и рабочим органом ударно-вибрационной машины. Это дает возможность управлять спектром колебаний путем подбора жесткости упругих опор виброплощадок.

Одними из первых виброплощадок со свободно устанавливаемой формой были виброударные площадки для уплотнения бетонной смеси в форме [11, 12]. Важную роль в создании вибрационных площадок имела разработка В.Ф Лепеевым и С.А. Генкиным упругой опоры [13].

На рис.1 представлена конструкция виброударной площадки с многокомпонентными колебаниями ВМК, защищенная патентами Российской Федерации № 1458230 и № 2002615.

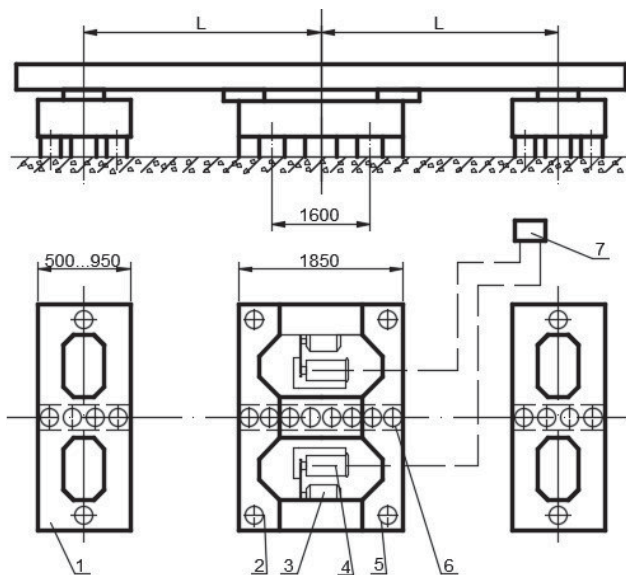
Виброударная площадка с многокомпонентными колебаниями ВМК (в литературе встречается название – "многокомпонентная маятниковая виброплощадка") komponуется по модульному принципу. Она обязательно имеет одну центральную силовую подвижную раму 2, по обе стороны от неё соосно могут располагаться одна, две и более опорные подвижные рамы 1. Все рамы по центральной общей оси опираются на центральные упругие опоры 6, являющиеся преобразователями колебаний, и, кроме того, каждая рама своими боковыми балками, параллельными центральной оси, имеет возможность периодически, попеременно, то с одной, то с другой стороны, ударяться об упругие боковые опоры 5.

На боковых балках силовой рамы изнутри смонтированы два дебалансных возбудителя колебаний 3, которые через клиноременные передачи связаны со своими электроприводами 4, установленными на поверхности приямка. Форма или формовагонетка с изделием ставится нижней плоскостью сразу на все верхние плоскости подвижных рам.

При поочередном включении на 10...15 с вибровозбудителей (одновременно они не работают) вибрирующая рама попеременно ударяется о



правые и левые амортизирующие опоры с частотой вращения дебалансов вибровозбудителей. Упругие элементы центральных и боковых опор почти полностью исключают воздействие вибрации, что позволяет обойтись без фундаментов и даже пользоваться виброплощадкой в переносном варианте.



**Рис. 1.** Виброударная площадка с многокомпонентными колебаниями:

1 - опорные подвижные рамы; 2 - силовая подвижная рама; 3 - дебалансные возбудители колебаний; 4 - электроприводы; 5 - упругие боковые опоры; 6 - центральные упругие опоры - преобразователи колебаний; 7 - пульт управления

Данные виброплощадки используются для формирования различных железобетонных изделий и конструкций из умеренно жестких смесей. Режим колебаний: вертикальная составляющая амплитуды  $A_v = 0,3 \dots 1$  мм, горизонтальная составляющая –  $A_z = 0,25 \dots 0,5$  мм, частота колебаний 50 Гц.

К ударным виброплощадкам с многокомпонентными колебаниями ВМК относятся виброплощадки конструкции Гипростроммаш: СМЖ-868, СМЖ-869, СМЖ-870 грузоподъемностью до 40 т и их модификации, имеющие установленную мощность электродвигателей 2 x 7,5 кВт (при грузоподъемности 5 и 10 т) и 2 x 11 кВт (при грузоподъемности 15, 20, 25 и 30 т).

Дальнейшее конструктивное совершенствования виброплощадок с многокомпонентными колебаниями ВМК было направлено на повышение их производительности, надежности, уменьшения удельной энергоемкости и уровня шума путем уточнения жесткости промежуточных опор и упругих ограничителей, величины приведенной массы подвижной рамы с установленной на нее формой, геометрическим размерам и расположения секций подвижной рамы [12].

Для повышения надежности и долговечности, повышения устойчивости виброплощадок ВМК и снижения местных нагрузок на фундамент, в работе [13] предложено устанавливать дополнительные пружинные опоры под продольные балки рамы.

Грузоподъемность виброударных площадок с многокомпонентными колебаниями определяется числом центральных опор - преобразователей колебаний и жесткостью их упругих элементов, а также настройкой дебалансов на определенную возбуждающую силу, которая осуществляется регулированием взаимного положения дебалансов.

Удельная потребляемая мощность виброударных площадок ВМК, составляющая 0,3-0,4 кВт на 1 т грузоподъемности, достигается за счет реализации в конструкции состояния неустойчивого равновесия системы из подвижных рам и формы с бетонной смесью до момента приложения возмущающей силы. Для перевода системы из неустойчивого равновесия в сложное многокомпонентное колебательное состояние требуется сравнительно небольшая энергия.

Конструкция позволяет также не расходовать энергию на преодоление излишних упругих связей, ввиду их устранения, и даже возвращать в систему часть энергии упругого удара рам о боковые упругие опоры. Установленная мощность данных виброударных площадок много ниже, чем у известных конструкций с той же грузоподъемностью.

В табл. 1 приведены сравнительные данные по трем из основных показателей виброплощадок.

Таблица 1

#### Сравнительные технологические показатели виброплощадок

Тип виброплощадки	Грузоподъемность, т	Удельная потребляемая мощность (кВт/грузоподъемность)	Удельная материалоемкость (масса виброплощадки/ грузоподъемность)
СМЖ - 187Г	10	6	0,56
СМЖ - 200Г	15	5,86	0,44
ВРА - 15	15	2	1,34
ВПГ - 3x7	15	0,7	0,56
СМЖ - 538А	18	0,67	0,88
СМЖ - 773	20	2,2	0,43
ВПГ - 20	20	1,1	0,3
СМЖ - 868-02	10	1,1	0,29
СМЖ - 868-01	15	0,73	0,27
СМЖ - 869-01	10	0,75	0,4

Таким образом, виброударные площадки с многокомпонентными колебаниями превосходят известные конструкции виброплощадок различных типов по следующим показателям:

- интенсифицируется процесс виброударного формирования за счет многокомпонентных колебаний с меняющейся частотой и амплитудой;
- сокращается время виброуплотнения и тем самым повышается срок службы формовочного оборудования;
- обеспечивается экономия электроэнергии (снижение электропотребления почти в четыре раза);
- снижается трудоемкость изготовления площадок, поскольку не требуется применения механических синхронизаторов, опорных неподвижных рам, фундаментов;
- снижается металлоемкость площадок в результате замены одной неподвижной рамы, равной по площади формы, несколькими заведомо меньшими по общей площади подвижными рамами;
- упрощаются строительные-монтажные работы (не требуются специальные фундаменты) и эксплуатация оборудования.
- обеспечивается универсальность применения для разнообразных видов и типоразмеров изделий и форм, для различных формовочных смесей в любых технологических схемах производства.

#### Библиографический список

1. Гусев Б.В., Зазимко В.Г. Вибрационная технология бетона. – Киев: Будивельник, 1991. 158 с.
2. Савинов О.А., Лавринович Е.В. Вибрационная техника уплотнения и формирования бетонных смесей. – Л.: Стройиздат, 1986. 278 с.
3. Пособие по технологии формирования железобетонных изделий (к СНиП 3.09.01-85) / Гусев Б.В., Аксельрод Е.З., Звездов А.И., и др. - М.: Стройиздат, 1988. 111 с.
4. Олехнович К.А., Зазимко В.Г. Основные тенденции развития станкового уплотнения бетонных смесей // Новое в технологии сборного железобетона. – М.: Знание, 1985. С. 90-96.
5. Виброплощадка для уплотнения бетонных смесей в форме: пат. 2056278 Рос. Федерация / К.А. Олехнович, Ю.И. Виноградов, И.П. Невская. Оpubл. 20.03.1996.
6. Васильев В.Г. Выбор оптимальных параметров ударно-вибрационных площадок // Механизация строительства. 2015. № 11. С.30-33.
7. Шмигальский В.Н. Формование изделий на виброплощадках. – М.: Стройиздат, 1968. 104 с.
8. Ребю П. Вибрирование бетона. – М.: Стройиздат, 1970. 256 с.
9. Зиновьев Е.Г. Формование крупноразмерных железобетонных изделий с применением управляемых режимов виброуплотнения: дисс. ... канд. техн. наук. М., 1989. 257 с.
10. Зиновьев Е.Г. Разработка методики исследований системы «машина – среда» при реализации различных колебаний / Зиновьев Е.Г., Васильев В.Г., Парфенов Е.П.; Моск. ин-т коммун. хоз-ва и строит. - М., 1999. - 12 с. - Деп. в ВИНТИ 11.03.09; № 745-В99.

11. Виброударная площадка для уплотнения бетонной смеси в форме: пат. 1771969 Рос. Федерация / С.А. Генкин, Е.В. Пархаев, А.И. Бугорский, В.Ф. Лепеев. Оpubл. 30.10.1992.

12. Виброударная площадка для уплотнения бетонной смеси в форме: пат. 2002615 Рос. Федерация / С.А. Генкин, В.Ф. Лепеев, Е.В. Пархаев. Оpubл. 15.11.1993.

13. Промежуточная опора виброударных площадок для уплотнения бетонных смесей в формах: пат. 1458230 Рос. Федерация / В.Ф. Лепеев и С.А.Генкин. Оpubл. 15.02.1989.

14. Виброударная виброплощадка для уплотнения бетонной смеси в форме: пат. 2242357 Рос. Федерация / В.М. Капралов. Оpubл. 20.12.2004.

15. Виброплощадка: пат. 2252137 Рос. Федерация / Ф.В. Овчинников, В.Н. Барышников, Л.А. Волков, А.Г. Пыжиков. Оpubл. 20.05.2005.

### **ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПАРАМЕТРЫ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТА У ПЛОТИНЫ ГУВЕРА**

*Черкасова Д.А., Можяев Е.А., студенты 3-го курса ИСА  
Научный руководитель – Ципурский И.Л., проф., к.т.н.*

Мост, о котором пойдет речь, является самым длинным бетонным арочным мостом на Юго-западе Америки. Он соединяет два штата Невада и Аризона и является объездной дорогой, построенной для снижения потока машин через знаменитую дамбу Гувера (рис. 1). Строительство этого участка дороги протяженностью около 600 м ведется на высоте 275 м над рекой Колорадо. Расстояние между опорами моста составляет 323 м, а разница между высотами верхней и нижней точек 76 м. Команда из 300 инженеров и 1200 рабочих, в течение 5 лет трудилась ежедневно в условиях 43 °С жары над этим чудом инженерной мысли, требующим инновационных материалов и средств механизации строительства.



**Рис. 1.** Мост у плотины Гувера

Первым этапом строительства является удаление выветрелых пород из массива грунта при помощи бульдозеров, экскаваторов (рис. 2), погрузчиков (рис. 3), самосвалов, технические характеристики которых представлены в табл. 1:

Таблица 1

**Технические характеристики машин для земляных работ**

Вид машины	Основные характеристики		
	Мощность двигателя (кВт)	Эксплуатационная масса ( кг)	Вместимость (м <sup>3</sup> )
Бульдозер CAT D9R	330	48784	Отвал-13,5
Экскаватор KOMATSU 320D	130	21750	Ковш-1,2
Погрузчик CAT 950 GC	151	18676	Ковш-4,4
Самосвал CAT 773E	501	99300	Кузов-26,6



**Рис. 2.** Погрузчик



**Рис. 3.** Гидравлический экскаватор

На втором этапе одновременно производится заливка основания моста и отливка сегментов колонн высотой 3 м каждый на специальной площадке в 32 км от места строительства. Далее эти части опор перемещаются козловым краном (рис. 4) на трейлер, который транспортирует их на строитель-

ную площадку. Впоследствии сегменты устанавливаются друг на друга при помощи деррик-кранов (рис. 5). В общем случае деррик-краны используются для установки тяжелых грузов на больших вылетах при значительных объемах работ, выполняемых без демонтажа крана. Применяются как на работах общестроительного характера, так и на монтажных работах, связанных со сборкой стальных и железобетонных пролетных строений.



**Рис. 4.** Козловой кран



**Рис. 5.** Деррик-кран

Следующий этап представляет собой возведение временных башен-пилонов высотой 46 м, предназначенных для удержания фрагментов арок при помощи вант до их встречи с двух концов каньона. Положение вантовых канатов выверяется с точностью до миллиметров, необходимой для соединения конструкций моста.

Далее начинается возведение самих арок, выполненных из высокопрочного бетона, способного выдерживать до  $700 \text{ кг/см}^2$ , с применением технологии передвижной опалубки – полой стальной конструкции. Заднюю

половину поддерживает первый сегмент, а в переднюю заливается бетон. Его изготовление производится ночью прямо на месте, на специально построенном бетонном производстве, что позволяет контролировать качество материала. Для обеспечения боковой устойчивости арок против ветра на всем протяжении моста предусмотрено 8 стальных поперечин весом 16 т, установленных через каждые 6 сегментов арок. Для доставки людей и материалов к середине каньона используется система высокотехнологичных лебедок – кабельных кранов. (Кабельный кран преимущественно используется при выполнении с их помощью грузоподъемных и транспортных операций на большом по протяженности участке моста почти независимо от климатических и гидрогеологических условий при паводке и ледоходе, в горных условиях [1]). Система состоит из двух стальных тросов толщиной 7,6 см, поддерживаемых 4-мя стрелами по две с каждой стороны. При установке системы вертолетом был перекинут между стрелами трос толщиной 1,3 см, затем к нему был прикреплен трос 2,2 см, к нему 5,4 см, и только потом основной трос. Несмотря на технологичность, процесс доставки происходит очень медленно. После установки 2-х замкового камня арка поддерживает сама себя и передает нагрузку на скальные стены каньона. После всех этих работ производится разборка 600 тыс. м вантовых канатов, идущих на переработку, и башен-пилонов при помощи гидравлического крана [2]. Технические характеристики этих машин представлены в табл. 2:

Таблица 2

#### Технические характеристики грузоподъемных машин

Вид машины	Основные характеристики		
	Грузоподъемность (т)	Радиус действия (м)	Угол наклона стрелы (°)
Дerrick кран Jake's TG1900	50	100	30-75
Козловой кран Mi-Jack MJ1200R	50	Высота крюка (м)	Пролет (м)
		10,5	20
Кабельный кран	50	Диаметр троса (см)	Расстояние между стойками (м)
		7,6	760
Гидравлический кран Dielco HTC 500	500	Длина стрелы (м)	Мощность двигателя (кВт)
		108	397

Далее от центра к краям производится установка на арки 8 пар колонн высотой от 5 до 50 м из готовых сегментов для поддержания дорожного полотна. Точность выверяется до сантиметра во избежание неполадок с установкой других сегментов. После установки всех пар колонн их соединяют оголовками.



**Рис. 6.** Опоры кабельного крана



**Рис.7.** Консольный кран устанавливающий пилоны

Следующий этап представляет собой установку межколонных балок, доставляемых на место с помощью кабельного крана. Каждая из них имеет длину 37 м и весит чуть меньше 50 т. Далее в подготовленную опалубку заливается бетон для дорожного полотна, общим объемом 4,5 тыс. м<sup>3</sup>.

В финале всех работ производится демонтаж крановой системы, впоследствии отправленной на переработку.

В итоге спустя 5 лет изнурительной тяжелой работы строители завершают самый грандиозный проект их жизни. То, что казалось невозможным, теперь является не только шоссе, соединяющим города сквозь горные просторы, но и поистине невероятной достопримечательностью, производением технологических средств и воплощением грандиозной инженерной мысли человечества, чего нельзя было бы достичь без строительных машин.

#### Библиографический список

1. Дукельский А.И. Подвесные канатные дороги и кабельные краны. Москва 1966 г. 482 с.
2. Макаров О.А. Кивающие мастодонты: Стреловые автокраны// Популярная механика. 2010. №10 (96). С. 35-36.
3. Гальперин М.И., Домбровский Н.Г. Строительные машины. Москва, 1966 г. 376 с.



## Триботехнические особенности скважинных электроцентробежных насосов

*Хомякова Т.В., Пищулин С.А., студенты ИИЭСМ  
Научный руководитель – Густов Ю.И., проф., д.т.н.*

Для добычи нефти используются различные установки. Самый распространенный способ искусственного подъема нефти – при помощи штангового глубинного насоса (ШГН). Это объясняется простотой, эффективностью и надежностью установки. Перед другими механизированными способами добычи нефти установки ШГН имеют следующие преимущества: высокий коэффициент полезного действия (КПД); возможность проведения ремонта непосредственно на промыслах; использование различных приводов для первичных двигателей; применение установок в осложненных условиях эксплуатации (в пескопроявляющих скважинах, при наличии в нефти парафина, при откачке коррозионной жидкости).

Однако установки ШГН имеют недостатки: ограничение по глубине спуска насоса из-за вероятного обрыва штанг, малая подача насоса, ограничение по наклону ствола скважины (неприменимы в наклонных и горизонтальных, в сильно искривленных вертикальных скважинах).

Вне конкуренции по объемам добычи нефти находятся установки электроцентробежного насоса (УЭЦН), с помощью которых добывается порядка 80% всей нефти в России. Эти установки работоспособны в агрессивных средах. Перед глубинными штанговыми насосами установки ЭЦН имеют значительные преимущества: простота наземного оборудования; возможность отбора жидкости из скважин до 15 000 м<sup>3</sup>/сут; возможность использования на скважинах глубиной более 3 000 м; высокий (от 500 суток до 2-3 и более лет) межремонтный период работы; возможность работы в глубоких, наклонных и горизонтальных скважинах.

Установка ЭЦН способна отбирать из скважины нефть с содержанием воды до 99%, механических примесей до 0,01% твердостью до 5 баллов по Моосу, сероводорода до 0,001%, газа до 25%. В коррозионностойком исполнении содержание сероводорода может быть до 0,125%. В износостойком исполнении содержание механических примесей достигает значений вплоть до 0,5 г/л.

Вместе с тем ЭЦН обладают следующими недостатками: ухудшение работы в условиях коррозионно-агрессивной среды, при выносе песка, в условиях высокой температуры и газа, с увеличением вязкости жидкости (при вязкости более 200 сП эксплуатация ЭЦН становится невозможной).

Долговечность и работоспособность ЭЦН в значительной степени зависит от подшипниковых узлов. Упорный подшипник насоса (рис. 1) характерен гидродинамической пятой, выполненной с радиальными канавками, скосом и плоской частью на поверхности трения о подпятник. Она изготавливается из бельтинга (технической ткани с крупными ячейками), пропитанного графитом и резиной и завулканизированного в пресс-форме. Гладкие шайбы изготовлены из коррозионностойкой стали марки 40Х13.

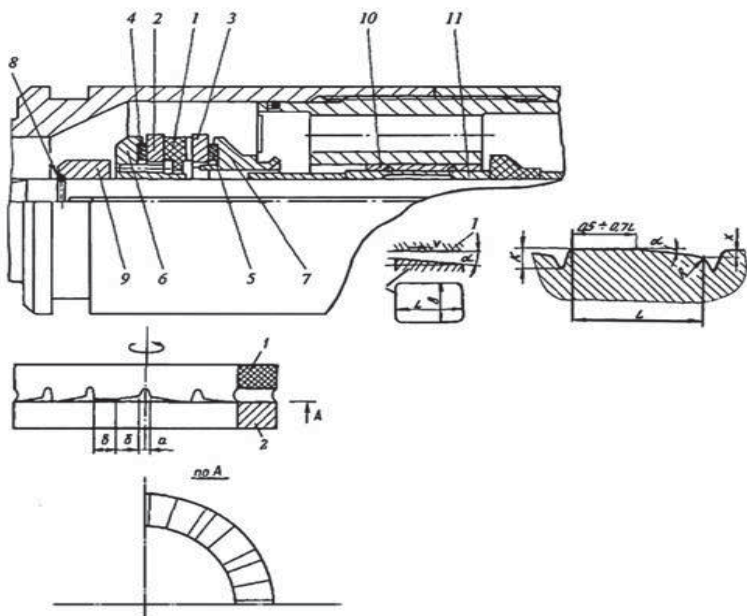


Рис. 1. Упорный подшипник насоса ЭЦНМ

При вращении пяты жидкость идёт от центра к периферии по канавкам, попадает под скос и нагнетается в зазор между плоскими частями подпятника и пяты. Таким образом, подпятник скользит по слою жидкости. Реализуемое жидкостью трение обеспечивает низкий коэффициент трения, незначительные потери энергии на трение в пяте, малый износ деталей пяты при достаточном осевом эксплуатационном усилии (допускается удельная нагрузка до 3 МПа).

В осевых опорах специальных износостойких насосов используются более износостойкие материалы трущихся пар: силицированный графит СГ-П по силицированному графиту СГ-П или карбид кремния по карбиду кремния.

В насосах износостойкого типа для ограничения продольного изгиба вала предусмотрены промежуточные радиальные опоры, которые монтируются на расстоянии 650 – 1 000 мм вместе с направляющими аппарата. Контактной парой в радиальном подшипнике является неподвижная втулка из стали 40Х13 и подвижная втулка из латуни Л63.

Промежуточный радиальный подшипник состоит из цилиндрического корпуса, имеющего осевые каналы для прохождения потока жидкости, и цилиндрической ступицы, внутри которой закреплена втулка из нефтестойкой резины. Внутренняя Поверхность имеет продольные каналы для прохождения жидкости, смазывающей подшипниковый узел.

**Выводы.** Триботехническими особенностями скважинных насосов являются конструктивно-технологическое изготовление подшипниковых узлов трения с применением коррозионно-износостойких материалов с учетом их эксплуатационной совместимости, а также реализация жидкостного трения для снижения коэффициента трения и изнашивания трущихся элементов.

#### Библиографический список

1. Дроздов А.Н. Применение погружных насосно-эжекторных систем для добычи нефти: учебн. пособие. / А.Н. Дроздов. – М.: РГУ нефти и газа, 2001.

### **ОБ АКТУАЛЬНОСТИ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗВИТЫХ ДВУТАВРОВ С ПЕРФОРИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ**

*Горячевский О.С., магистрант 1-го курса 3 группы ИФО  
Научный руководитель – Белов В.А., доц., к.т.н.*

Совокупность достоинств развитых двутавровых балок с перфорированной стенкой позволяет использовать их как в строительстве (гражданском, промышленном, транспортном, сельскохозяйственном, шахтном), так и в качестве несущих конструкций строительных машин (рис. 1) и оборудования. В строительстве перфорированные балки используются в качестве колонн, стоек, элементов перекрытий, ферм, пространственных систем и прогонов в таких сооружениях как мосты, многоэтажные административные комплексы, торговые центры, гаражи, складские помещения (рис. 2), спортивные сооружения и аквапарки. Также перфорированные балки используются в машиностроении, судостроении, авиастроении и других областях промышленности и строительства.

Возможность такого широкого применения развитых двутавровых балок с перфорированной стенкой объясняется их многочисленными достоинствами.

Одним из важнейших преимуществ использования перфорированных балок является их низкая металлоёмкость при высокой жёсткости. Использование сквозных развитых балок с перфорированной стенкой вместо балок с полным сечением, по зарубежным данным, даёт экономию в весе до 60% и в стоимости до 30%.

Вопросы экономии стали в балках, как известно, находятся в зависимости от высоты сечения и правильного соотношения между площадью стенки и поясов. По существующему сортаменту толщины стенок двутавровых прокатных балок, из условий прокатки, значительно превышают размеры, необходимые для обеспечения устойчивости стенки, а также для восприятия максимальных касательных напряжений, возникающих по нейтральной оси балки.

Последнее обстоятельство и даёт возможность повысить несущую способность прокатного профиля путём искусственного увеличения высоты сечения. Перфорированные балки фактически позволяют расширить сортамент с большей высотой поперечного сечения, чем максимальный на данный момент профиль № 60.



**Рис. 1.** Крановые балки из развитых двутавров

Ещё одним важным преимуществом является экономия наплавленного металла. Технология изготовления развитых двутавровых балок позволяет уменьшить количество наплавленного металла от 2 до 8 раз по сравнению со сварными двутавровыми балками. А с учётом того, что сварка вносит существенный вклад в стоимость металлоизделия, то достигается также значительная экономия денежных ресурсов.

В сравнении с решётчатыми конструкциями развитые балки имеют ряд преимуществ:

- Простота и малоэлементность развитых балок позволяющая автоматизировать их производство;
- Транспортability конструкции и снижение её стоимости за счёт увеличения коэффициента загрузки транспортных средств;
- Снижение трудозатрат на монтаже, поскольку благодаря достаточной жёсткости развитых балок отпадает необходимость в расчаливании временными связями;
- Сокращение расходов металла на покрытие за счёт уменьшения конструктивного металла и замены вертикальных связевых ферм распорками;
- Малая строительная высота покрытия ( $1/16-1/20$  пролёта против  $1/6-1/10$  в плоских фермах) снижает расход стенового материала за счёт уменьшения высоты здания;

- Малая открытая поверхность, повышающая коррозионную стойкость и снижающая затраты на окраску.



**Рис. 2.** Несущие конструкции из развитых двутавров

От сплошнотенчатых конструкций развитые балки выгодно отличаются возможностью прокладки различных коммуникаций через отверстия в стенках балок и удобством крепления подвесных потолков и линий подвесного транспорта.

В настоящее время отсутствуют крупные заводы металлоконструкций, способные организовать эффективный выпуск развитых двутавров.

Несмотря на множество достоинств развитых двутавров с перфорированной стенкой, нормативная база до настоящего времени очень слаба. В актуализированной редакции СНиП II-23-81 (СП 16.13330.2011), предлагается упрощённый вариант развитого двутавра, оба пояса которого изготавливаются из одного профиля, исключая оптимальный вариант, представленный в СНиП II-23-81 с верхним поясом из большего двутаврового профиля.

Поэтому строительные конструкции и несущие конструкции строительной техники с использованием развитых двутавров выполняются в основном за рубежом. Актуальным является импортозамещение.

В отечественной литературе рассмотрены далеко не все вопросы по данной тематике. Так остаются нерешёнными проблемы влияния начальных деформаций и напряжений, вызванных резкой и сваркой, на прочностные и эксплуатационные характеристики развитых двутавровых перфорированных балок. Недостаточно изучен вопрос об оптимальном размере приопорных участков. Представляет интерес исследование влияния динамических нагрузок на перфорированные балки.

В существующих работах по данной тематике используются в основном инженерные методы расчёта, а метод конечных элементов используются только в качестве проверки эмпирических формул. Поэтому представляется актуальным более масштабное использование МКЭ. Но необходима тщательная организация вычислительных процедур для получения

корректных результатов. Использование современных программных комплексов, реализующих МКЭ, позволяет получать результаты в удобном и наглядном виде. Также возможно автоматизировать расчёт множества вариантов расчётных схем с целью поиска оптимальных по прочности и жёсткости конструктивных решений.

Метод конечных элементов позволяет, не выполняя дорогостоящие натурные экспериментальные исследования, определить оптимальные геометрические параметры развитых двутавров с перфорированной стенкой.

### Применение метода конечных элементов

Было проведено пробное моделирование (рис. 3) развитого двутавра, изготовленного из 40 профиля, в программном комплексе Ansys Mechanical. Главной целью моделирования была апробация метода конечных элементов применительно к развитым двутаврам.

Во всех существующих работах конечно-элементное моделирование проводилось с использованием пластинчатых конечных элементов. Использование этих элементов имеет один существенный недостаток: не учитывается плавность соединения стенки и полок прокатных профилей двутавров. Поэтому в данной работе мы используем объёмные конечные элементы типа Solid185.

Для пробного расчёта была взята шарнирно опёртая по краям развитая балка, изготовленная из 40 прокатного профиля, со следующими геометрическими и физическими характеристиками:

- $L = 12$  м – длина балки;
- $h = 0,6$  м – высота сечения;
- 11 шестиугольных вырезов;
- $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па – модуль упругости;
- $\nu = 0,3$  – коэффициент Пуассона;
- $\rho = 7600$  кг/м – плотность материала.

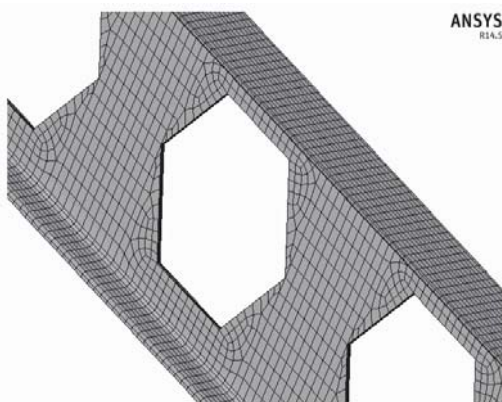


Рис. 3. Фрагмент конечно-элементной модели

## Результаты расчётов:

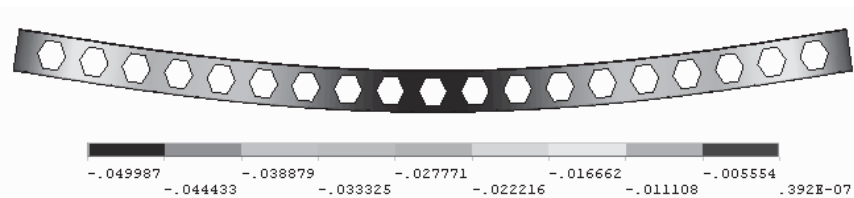


Рис. 4. Изополя прогибов (м)

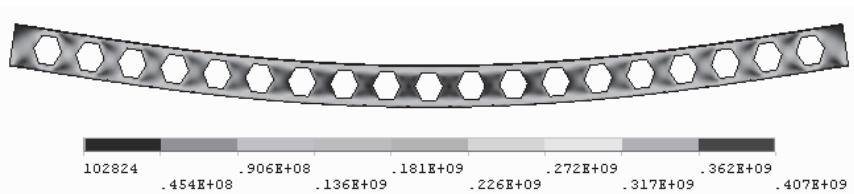


Рис. 5. Изополя напряжений по Мизесу (Па)

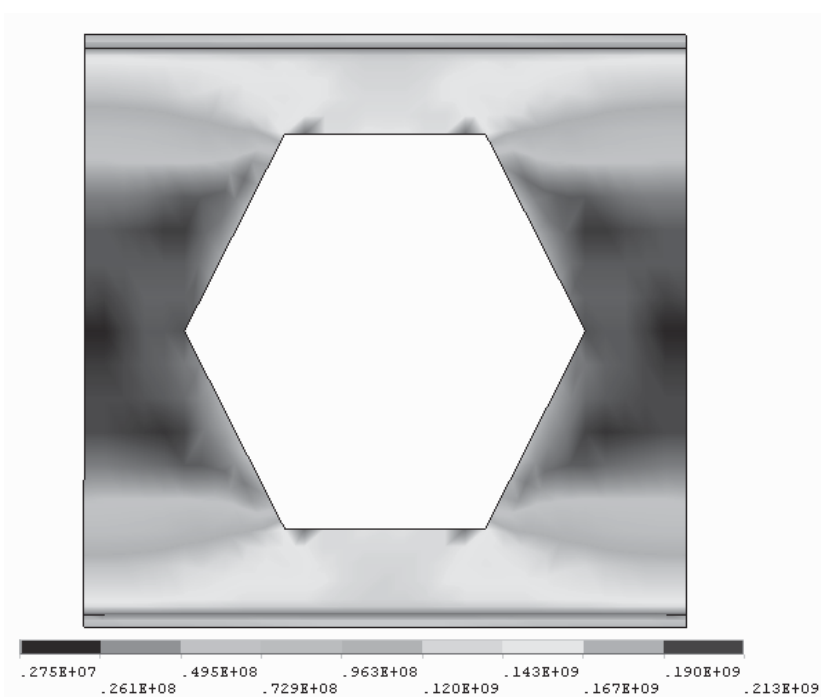
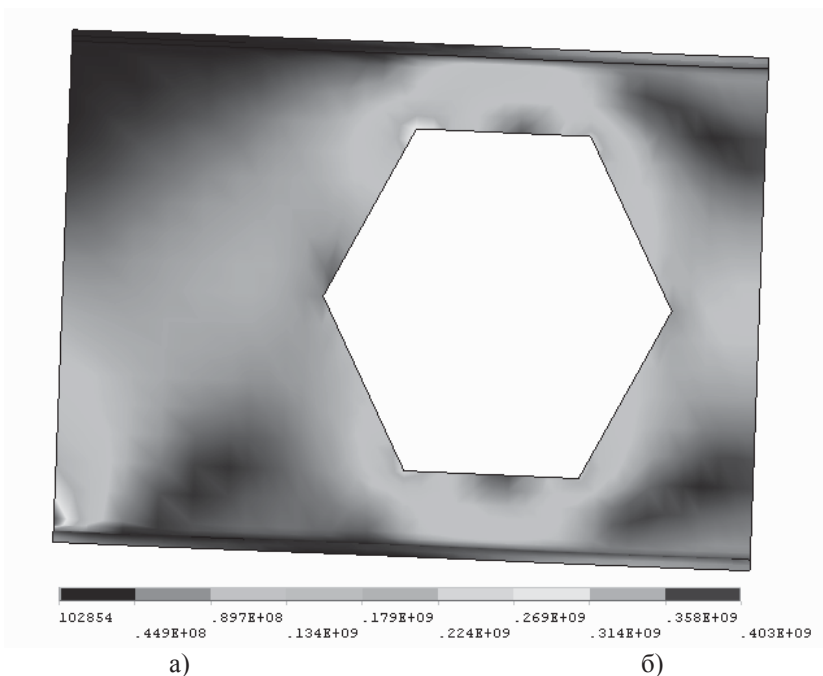


Рис. 6. Изополя напряжений по Мизесу около средней перфорации (Па)



**Рис. 7.** Изополя напряжений по Мизесу в пропорном участке (Па)

### Библиографический список

1. Белов В. А., Богомолов А. И. О некоторых вопросах технологии изготовления сквозных развитых балок из прокатного двутаврового профиля // Строительство – формирование среды жизнедеятельности: Материалы науч. конф. 25-26 апреля 2001г. – М.: МГСУ, 2001. – с.136-137.
2. Белов В. А., Богомолов А. И., Сазанов Д. В. Энерго- и ресурсосберегающие технологии при изготовлении балочных конструкций. // Интерстроймех: Тез. докл. Междунар. науч.конф. 27-29 июня 2001г. – СПб, 2001. – с. 257-259.
3. Белов В.А., Круль К. Моделирование и расчёт металлических конструкций зданий и сооружений. Учебное пособие - М.; 2009. –160 с.
4. Белов В.А., Круль К. Моделирование и расчёт металлических конструкций зданий и сооружений. Монография – М.; 2012.-160 с. (Библиотека научных разработок и проектов МГСУ).
5. Ворожбянов В.Н. Совершенствование конструкций балок с перфорированной стенкой и разработка их расчета по ограниченным пластическим деформациям: автореф. дисс... канд. техн. наук: 05.07.02 – Строительство / ЦНИИПроектстальконструкция; В.Н. Ворожбянов.-М., 1985. -21 с.



6. Горячевский О.С. Исследование качества конечно-элементной модели развитого двутавра с перфорированной стенкой // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы: Материалы науч. конф. 14-15 апреля 2016 г., – М.: МГАВТ, 2016. – с.138-139.

7. Копытов М.М., Яшин С.Г. Особенности работы перфорированных балок с повышенной степенью развития сечения//Известия вузов. Строительство, 2003. № 3. С. 4-8.

8. Круль К., Белов В.А., Олеярчик К. Моделирование и расчет конструкций строительных машин и сооружений. Учебник - М.; 2008. – 232 с.

9. Литвинов Е.В. Местная устойчивость перфорированной балки: автореф. дисс... канд. техн. наук: 05.23.01 -Строительные конструкции, здания и сооружения/НГАСУ, Новосибирск, 2008. -25 с.

10. Притыкин А.И. Разработка методов расчёта и конструктивных решений балок с однорядной и двухрядной перфорацией стенки: автореф. дисс... докт. техн. наук: 05.23.01 - Строительные конструкции, здания и сооружения/АО "ЦНИИПСК им. Мельникова", Калининград, 2011. - 44 с.

11. Склядnev А. И. Конструктивные формы и методы расчета балок с перфорированной стенкой: автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.23.01. М., 1978. 23 с.

12. Шевченко Ю.С., Горячевский О.С., Применение метода конечных элементов для оптимизации несущих конструкций полукозлового крана // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы: Материалы науч.конф. 14-15 апреля 2016г., – М.: МГАВТ, 2016. – с.211.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПОЛУКОЗЛОВОГО КРАНА КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ**

*Шевченко Ю.С., магистрант 1-го курса 3 группы ИФО*

*Горячевский О.С., магистрант 1-го курса 3 группы ИФО*

*Научный руководитель – Белов В.А., доц., к.т.н.*

### **Введение**

С зарождения цивилизации человечество стремилось упростить, облегчить и механизировать процесс своего труда. Одним из важнейших действий, без которого сложно представить сферу строительства или производства является поднятие и перемещение грузов большой массы. Изобретение подъемного крана стало настоящим прорывом науки и техники, позволившим значительно сэкономить время и трудозатраты на выполнение необходимых работ.

Полукозловой подъемный кран относится к кранам мостового типа и используется для работы в производственном цехе для осуществления мон-

тажных и ремонтных работ тяжеловесного оборудования, без крана мостового типа не обойтись на складах и логистических терминалах, для осуществления погрузочно-разгрузочных работ с грузами высокой массы.

### Расчётная схема

Конструкция полукозлового крана представляет собой пролетное строение (главная балка), которое перемещается вдоль цеха по подкрановым путям, расположенным вдоль здания. Подкрановые пути (подкрановые балки) устанавливаются на выступы несущих колонн здания. Подкрановые балки могут находиться как с внешней, так и с внутренней стороны сооружения. Особенность конструкции полукозлового крана – наличие одной опорной стройки, вторая точка опоры приходится на подкрановые пути.

Вдоль пролетного строения расположены рельсы, по которым перемещается грузоподъемная тележка. На нее устанавливается система блоков и канатов, обеспечивающих поднятие-опускание груза, поэтому максимальная нагрузка на главную балку приходит от грузоподъемной тележки.

При расчетах необходимо учитывать и собственный вес металлической конструкции, и ветровую нагрузку, если кран работает на открытом воздухе.

В работе рассматривается полукозловой кран в производственном цехе, поэтому при расчетах учитывается нагрузка от максимальной массы груза, собственного веса металлоконструкции, и веса грузоподъемной тележки. Место, где главная балка своим колесом опирается на подкрановые пути, будем считать подвижным шарниром, не допускающим перемещения лишь по вертикальной оси, а место соединения главной балки с опорной стойкой – неподвижным шарниром.

Для несущих конструкций крана выбрана сталь Ст3сп5 с пределом текучести  $\sigma_m = 245$  МПа. Принят коэффициент запаса  $n = 1,4$ . Допускаемые напряжения в конструкции:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_m}{n} = \frac{245}{1.4} = 175 \text{ МПа}$$

Максимальная сила, действующая на конструкцию, при комбинации нагрузок  $P_{IIa}$  равна:

$$F_{IIa} = \frac{m_m \cdot g + m_c \cdot \psi_2 \cdot g}{4} = 194 \cdot 10^3 \text{ Н},$$

где  $m_m$  – масса тележки;  $g$  – ускорение свободного падения;  $m_c$  – масса груза;  $\psi_2$  – динамический коэффициент подъема.

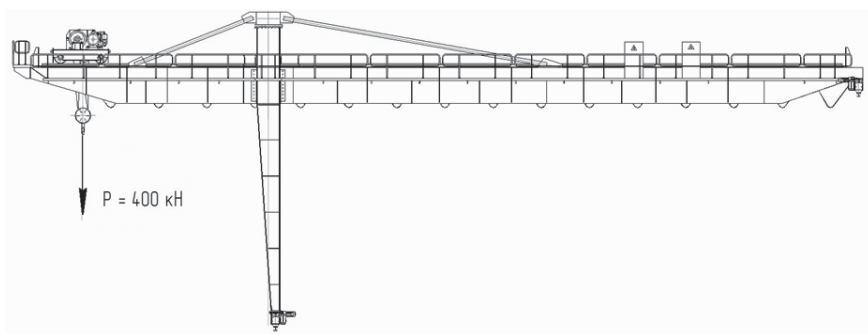
Принимаем силу давления от одного колеса равной 200 кН.

Нагрузка на главную балку от двух колес принимается равной 400 кН.

Рельс Р50, устанавливаемый на главную балку для передвижения по нему тележки и имеющий погонную массу 50 кг/м, создает распределенную нагрузку на главную балку  $q = 0,5$  кН/м. Масса пролетного строения составляет 7 тонн, масса одной балки 3,5 т. Длина пролетного строения 32 метра. Погонная нагрузка от собственного веса балки равна:

$$Q = \frac{3500 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2}{32 \text{ м}} = 1093 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \approx 1 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Сравнивая расчеты при различных положениях тележки, выявлено наиболее опасное положение тележки на консоли (рис. 1), так как в этом случае значения поперечных сил и изгибающих моментов достигают своего максимума.



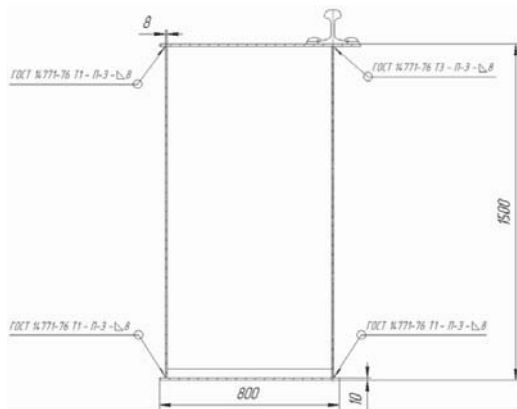
**Рис. 1.** Схема нагружения полукозлового крана (консольное положение тележки)

Принято коробчатое поперечное сечение (рис. 2) главных балок, каждая из которых состоит из 4 листов с 5 поясными фланговыми швами. Пятый шов выполняется внутри коробчатого сечения в узле опирания рельса грузоподъемной тележки.

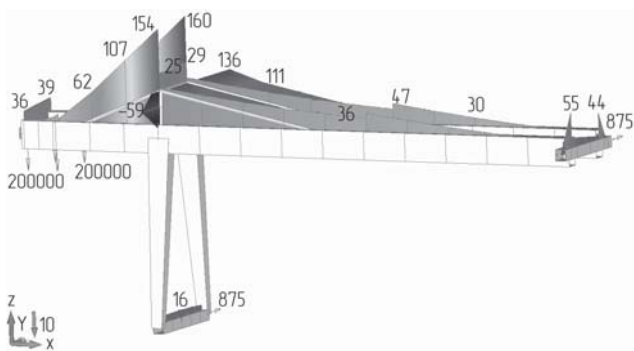
### **Расчёт методом конечных элементов**

Расчет конструкции полукозлового крана при наиболее неблагоприятном положении тележки, с учетом максимальных нагрузок, собственного веса и сил инерции проводился методом конечных элементов в программе *Femap NX Nastran*. Вычисленные напряжения (рис. 3, 4) сравнивались с допускаемыми.

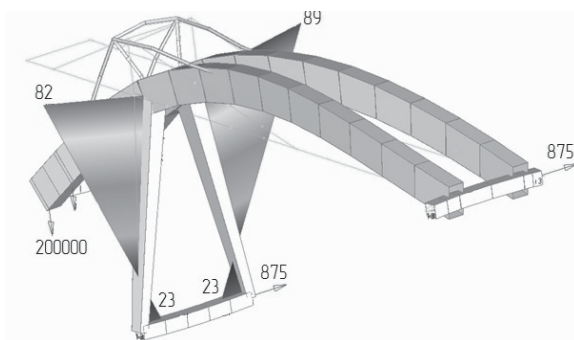
Использование вычислительных комплексов дает возможность наиболее точно определить напряжения в различных узлах конструкции, а также сократить время на проектирование, поскольку инженерные методы расчёта некоторых элементов конструкции являются чрезвычайно трудоемкими.



**Рис. 2.** Сечение главной балки



**Рис. 3.** Эпюры напряжений (МПа) в главной балке крана от воздействия инерционных и расчетной нагрузок



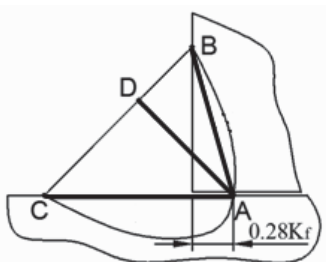
**Рис. 4.** Эпюры напряжений (МПа) на деформированной схеме стоек полукозлового крана от воздействия инерционных и расчетной нагрузок.

Анализ напряжений главной балки показал, что в сечениях, расположенных ближе к подвижной опоре и на консольной части крана напряжения не велики. В связи с этим принято решение уменьшить сечения используемых металлоконструкций в слабонапряжённых зонах. Были выполнены скосы по концам пролетного строения конусностью 1:4 и сечение опорных стоек сделано переменным, убывающим к колёсам.

Таким образом, уменьшая сечение в малонагруженной части крана, экономим ресурсы и оптимизируем собственный вес металлоконструкции.

### Модернизация сварных швов

Инженерными методами вычислены катеты угловых фланговых швов, равные 8 мм. при сварке полуавтоматом в  $\text{CO}_2$  сварочной проволокой Св.08Г2С.



**Рис. 5.** Схема расчётных сечений сварного соединения с угловым швом

Согласно СНиП II-23-81\* и его актуализированной редакции (СП 16.13330.2011) расчет угловых швов (рис. 5), включая фланговые, лобовые и фланго-лобовые ведут по двум расчётным сечениям: металлу шва (1 сечение AD) и металлу границы сплавления с прикрепляемым элементом (2 сечение AB).

Расчётное сечение по металлу границы сплавления с прикрепляемым элементом имеет большую площадь, чем по металлу шва, но меньшую площадь, чем по металлу границы сплавления с основным элементом. Следовательно, предполагается, что граница сплавления с основным элементом всегда является слабонагруженной и расчёт по ней не ведётся. Однако это далеко не так. В лобовых угловых швах в ряде случаев граница сплавления с основным элементом оказывается сильнонагруженной. Кроме того, если прикрепляемый элемент выполнен из стали более высокой прочности, чем основной элемент, то граница сплавления с основным элементом не только в лобовых, но и во фланговых швах будет сильно нагруженной. Это обстоятельство требует включения в нормативные документы расчёта по третьему сечению (рис. 5. – AC) – границе сплавления с основным элементом с назначением коэффициентов глубины проплавления по этому сечению.

В настоящее время широко используется конечно-элементное моделирование, которое позволяет учесть геометрические и прочностные параметры сварных соединений с угловыми швами, более 2/3 которых приходится на фланговые.

Элементы главной балки соединены пятью фланговыми швами. При их моделировании необходимо включить глубины проплавления по соединяемым элементам.

Для полуавтоматической сварки в  $\text{CO}_2$ , согласно работам [7, 8], в которых принимал непосредственное участие В.А. Белов глубина проплавления с обеспеченностью 0.95 принята равной  $0.28K_f$ .

По СНиП II-23-81\*:  $K_f = K_{f1} = K_{f2} = 8$  мм.

По алгоритму повышения надёжности, предложенному В.А. Беловым с учётом расчёта по трём сечениям:

- В сторону сильно нагруженной границы сплавления с прикрепляемым элементом принимается катет равный 9 мм. ( $K_{f1}$ ).

- В сторону слабо нагруженной границы сплавления с основным элементом принимается катет равный 7 мм. ( $K_{f2}$ ).

Построена конечно-элементная модель, и на следующем этапе предусмотрена модернизация первого уровня (М1 9х7). Эта модернизация предусматривает определение сильнонагруженных границ сплавления на двух половинах шва. В основном сильно нагруженные концевые участки находятся на границе сплавления с прикрепляемым элементом, и шов с большим катетом выполняется постоянным сечением по всей длине.

#### Библиографический список

1. Справочник по кранам. В 2 т.: Т.1/ В.И. Брауде, М.М. Гохберг, И.Е. Звягин и др. / Под общ. ред. М.М. Гохберга. Л.: Машиностроение, 1988. 536 с.;

2. Справочник по кранам. В 2 т.: Т.2/ М.П. Александров, М.М. Гохберг, А.А. Ковин и др. / Под общ. ред. М.М. Гохберга. Л.: Машиностроение, 1988. 559 с.;

3. Бортяков Д.Е., Бурлуцкий В.С., Соколов С.А. Грузоподъемные машины и оборудование. Изд. Политехнического университета, 2005 г.

4. Сорокин Г.М. Марочник сталей и сплавов. Машиностроение, 1989 г.

5. Соколов С. А. Строительная механика и металлические конструкции машин. Изд. Политехника, 2011 г.

6. Кудрявцев В. Н. Детали машин. Машиностроение 1980 г.

7. Казимиров А.А и др. Оптимизация размеров угловых швов и сварных конструкциях из сталей с пределом текучести не более 45 кгс/мм<sup>2</sup>/ Казимиров А.А., Островская С.А., Барышев В.М., Игнатьева В.С., Белов В.А., Петров А.М., Кравченко В.Г., Лившиц Л.Н. // Автоматическая сварка. – 1979 - № 7 – с. 44-46.

8. Казимиров А.А. и др. Изменение расчетной высоты углового шва в зависимости от формы проплавления / Казимиров А.А., Островская С.А., Барышев В.М., Игнатьева В.С., Белов В.А., Петров А.М., Кравченко В.Г., Лившиц Л.Н. // Автоматическая сварка. – 1978 - № 3 – с. 7-12.

9. Казимиров А.А. и др. Об уменьшении размеров слабонагруженных угловых швов / Казимиров А.А., Островская С.А., Барышев В.М., Игнатьева В.С., Белов В.А., Петров А.М., Кравченко В.Г., Лившиц Л.Н. // Автоматическая сварка. – 1977 - № 8 – с. 39-44.

10. Круль К., Белов В.А., Олеярчик К. Моделирование и расчет конструкций строительных машин и сооружений. Учебник - М.; 2008. – 232 с.

11. Рябов А.В., Белов В.А. Применение разнокатетных конструктивных угловых швов в сварных металлоконструкциях.// Известия Тульского государственного университета. Серия подъемно-транспортные машины и оборудование.- 2003.- №4.- с. 187-190.

12. Круль К. Белов В.А., Олеярчик К. Wady konstrukcji nosnych zurawii. // Transport NR 3 (23) 2005 – Radom. – s. 301-310

13. Шевченко Ю.С., Горячевский О.С., Применение метода конечных элементов для оптимизации несущих конструкций полукозлового крана // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы: Материалы науч.конф. 14-15 апреля 2016 г., – М.: МГАВТ, 2016. – с. 211.

СЕКЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ, МЕХАНИЗАЦИИ,  
ТЕХНОЛОГИИ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО  
СТРОИТЕЛЬСТВА И ХОЗЯЙСТВА



# ОЦЕНКА НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*Большаков М.С., студент 6 курса 32 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Берлинов М.В., проф., д.т.н.*

Большинство зданий возводимых сегодня в жилищно-коммунальной сфере возводится из монолитного бетона, особенностью которого является то, что формирование его свойств, происходит не в заводских условиях, а в сооружении. В связи с этим, оценка напряженно-деформированного состояния конструкций из монолитного железобетона с учётом реальных во времени и по режимам длительности действия нагрузок, в том числе динамических, позволяет строительным компаниям обеспечить достижение стратегических задач по минимизации затрат на возведение зданий и сооружений.

Оценка деформативности бетона, полученная экспериментально, различна и свидетельствует о зависимости процессов в бетоне от многих факторов, что приводит к необходимости однозначной оценки уровня напряжёний ( $\sigma_b$ ) и соответствующих им деформаций ( $\epsilon_b$ ).

При реальном проектировании наиболее точно можно прогнозировать длительную прочность бетона на основе диаграмм деформирования непосредственно с учетом влияния деструктивных процессов и оценки уровня возникающих напряжений соответствующих началу нагружения.

Вышесказанное подтверждает, что для обеспечения конструктивной безопасности необходимо учитывать в расчёте прочности и долговечности бетона в строительных конструкциях все реальные физические процессы, влияющие на напряженно-деформированное состояние, такие как предыстория нагружения, возраст бетона, развитие микротрещин, наличие коррозии и т.д.

Важным фактором, определяющим закономерность нелинейности деформирования при различных режимах нагружения, является свойство «памяти» материала, т.е. значительный след оставляют напряжения, действующие на молодой бетон и действующие совсем недавно, тогда как промежуточные напряжения в значительной степени стираются.

В различных современных нормах используются диаграммы состояния бетона с жёстко фиксированными точками, которые не позволяют трансформировать такую диаграмму в зависимости от различных характеристик сечения, что затрудняет учёт реального силового деформирования бетона на различных уровнях нагружения.

Оценка равновесных диаграмм деформирования бетона при статическом кратковременном центральном деформировании даёт возможность более точной оценки напряженно-деформированного состояния железобетонной конструкции, когда результаты реально можно было бы использовать в практике проектирования строительных конструкций.

## Библиографический список

1. Берлинов М.В. О расчете железобетонных конструкций при трехмерном динамическом деформировании // Бетон и железобетон. 2004. №6. С.19-22.
2. Берлинова М.Н., Берлинов М.В., Творогов А.В. К вопросу обеспечения прочности бетона методом термодинамики // Научное обозрение. 2015. №22. С. 148-153.
3. Берлинова М.Н., Берлинов М.В., Творогов А.В. Энтропийный критерий прочности бетона в строительных конструкциях // Научное обозрение. 2015. №22. С. 162-165.
4. Берлинов М.В., Макаренков Е.А. Критерий прочности бетона в условиях трехосного напряженного состояния при динамических воздействиях // Научное обозрение. 2014. № 7-1. С. 197-200.
5. Берлинова М.Н., Творогов А.В. Режимная прочность бетона в строительных конструкциях // Естественные и технические науки. 2015. № 6 (84). С. 530-532.
6. Зверьяев Е.М., Берлинова М.Н., Ким А.Л. Оценка критерия прочности бетона на примере аналогии теорий цилиндрических оболочек и балок // Естественные и технические науки. 2014. № 9-10 (77). С. 358-360.
7. Назаренко В.Г., Творогова М.Н., Луканцов П.Н. О построении функций старения бетона // Бетон и железобетон. 2010. №6. С.23-24.

## ОСОБЕННОСТИ ОБОЛОЧЕК ПОКРЫТИЯ ЗОНТИЧНОГО ТИПА

*Пещерёв А.А., студент 6 курса 32 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Берлинова М.Н., доц., к.т.н.*

Опыт массивного каменного куполостроения за много веков породил самые разнообразные формы куполов из различных материалов. Особое внимание привлекают так называемые купола с распалубками, известные в архитектуре под названием зонтичных куполов.

В развитии теории расчета и конструирования тонкостенных покрытий приняли участие и ученые России [5, с.358]. Уменьшение массы конструкций и сооружений является одной из основных тенденций в строительстве. Зонтичные купола нашли обширное применение в сооружении различных зданий всех эпох, начиная со времен Рима и до конца 1970 годов. Например, здание с тонкостенной оболочкой покрытиями типа зонтичного купола: покрытие цирка в Бухаресте (1960 г.), представляет собой волнообразный купол диаметром 60,6 м, состоящий из 16 параболических волн-сегментов. Симметричные схемы разрушения железобетонных куполов возможны только тогда, когда жесткие звенья, на которые членится конструкция при образовании пластических зон, совершают перемещения, вызывающие удлинения, а не укорочение их кольцевых параметров. Это положение следует из принятой несжимаемости всех звеньев конструкции купола. Жесткие звенья системы соединяются между собой пластическими

зонами, к которым относятся линейные и кольцевые пластические шарниры. Для опертых куполов при нехрупком разрушении в зависимости от отношения стрелы подъема конструкции к ее диаметру возможны две схемы разрушения: меридиональная и меридиально-кольцевая, которые в свою очередь могут делиться на несколько типов.

Строительная механика сегодня имеет новую тенденцию развития, основанную на том, что наряду с такими традиционными для строительных объектов материалами как бетон и железобетон, в практику широко внедряются композиционные материалы многофункционального назначения, но также переход к пространственным конструкциям, типа оболочек, вантовых и комбинированных конструкций, в которых зачастую форма конструкции является фактором, обеспечивающим ее эффективность. Рассматриваемые задачи характеризуются тем, что они могут быть аппроксимированы системами только с большим числом степеней свободы и их решение тесно связано с использованием численных методов и применением ЭВМ.

Зонтичная форма купола имеет значительное место в современной архитектуре, несмотря на то что, она оказалась несколько забытой после 1970 годов. Это положение объясняется неудобством в доступе к каким-либо принципам образования поверхностей зонтичных куполов, а также к методам их расчета.

С точки зрения экономики, зонтичные купола имеют много преимуществ, так как в современной архитектуре, если анализировать, идет большое развитие сборного железобетонного строительства в условиях широкой индустриализации. Относительно этого следует ставить вопрос о разработке эффективных сборных пространственных конструкций из оболочек, при помощи которых могут перекрываться значительные пролеты без устройства сложной и дорогостоящей опалубки. Зонтичные купола относятся к этим конструкциям, они также относятся к сооружениям величественных современных монументальных зданий общественного назначения.

Если согласится с такой точкой зрения, то зонтичные купола, безусловно, имеют свое место в современной архитектуре.

Однако если рассмотреть результат серьезных аварий, происшедших в последнее время с такими покрытиями, повлекших за собой многочисленные человеческие жертвы (например, обрушение аквапарка в 2004 г. в Москве), можно сказать что, в проектировании таких конструкций отсутствуют совершенные принципы образования поверхностей зонтичных куполов, учет фактической прочности [3, с.162; 4, с.530], а также точные методы расчета таких конструкций с учетом условий набора бетоном прочности в построечных условиях [2, с.148].

Таким образом, в условиях современного тонкостенного куполостроения архитектурная и техническая мысли оказались скованными не только в оценке несущей способности, но и в создании формы тонкостенных зонтичных куполов. Так же использование плохого качества строительных материалов и отсутствие независимого контроля строительства – очень важные критерии для надежности и безопасности сооружения [1, с.37]. Други-

ми словами, при строительстве таких гигантских крыш, решающее значение для безопасности сооружения имеют свойства материала и исполнительская дисциплина.

Возрождение высокохудожественной зонтичной формы в современном куполостроении возможно только в виде тонкостенных конструкций. При наличии достаточно удобного и доступного широкому кругу инженеров метода расчета зонтичных оболочек, эти формы должны, несомненно, найти в современном строительстве широкое применение.

#### Библиографический список

1. Барабанова Т.А. Повышение эффективности формирования технологической документации // Сметно-договорная работа в строительстве. 2015. № 11. С. 37-39.

2. Берлинова М.Н., Берлинов М.В., Творогов А.В. К вопросу обеспечения прочности бетона методом термодинамики // Научное обозрение. 2015. №22. С. 148-153.

3. Берлинова М.Н., Берлинов М.В., Творогов А.В. Энтропийный критерий прочности бетона в строительных конструкциях // Научное обозрение. 2015. №22. С. 162-165.

4. Берлинова М.Н., Творогов А.В. Режимная прочность бетона в строительных конструкциях // Естественные и технические науки. 2015. № 6 (84). С. 530-532.

5. Зверьяев Е.М., Берлинова М.Н., Ким А.Л. Оценка критерия прочности бетона на примере аналогии теорий цилиндрических оболочек и балок // Естественные и технические науки. 2014. № 9-10 (77). С. 358-360.

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРУБОБЕТОННЫХ КОЛОНН В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ ОБЪЕКТОВ ЖКХ**

*Творогов А.В., студент 2 курса СЭиРЗ Мытищ. ф.*

*Научный руководитель – Барабанова Т.А., старший преподаватель, к.т.н.*

Современное строительство отмечает стремительный рост высотного домостроения в России и за рубежом. Экономия территории, сокращение протяженности городских коммуникаций (в том числе и транспортных), объясняется причинами бурного роста населения городов. В этой связи, несомненно, актуальным является переход от железобетонных конструкций, теряющих в экстремальных условиях несущую способность практически мгновенно, к конструкциям из труботетона, отличающегося способностью выдерживать значительные нагрузки длительное время, что для высотных зданий весьма существенно.

В 30-е годы прошлого века, российский ученый профессор А.А. Гвоздев впервые в мире опубликовал научную работу по методике расчета тру-

бобетона как конструкции. Труبوبетон получил развитие во многих странах: в США, Японии, КНР и других. Однако в России эта технология почти не применяется.

Высокая несущая способность труبوبетона при небольших поперечных сечениях колонн, является прекрасным сочетания выдающихся способностей металла и бетона. Сегодня массовое применение в домостроении железобетона, обеспечение его прочности и долговечности подкреплено многими исследованиями как влияния условий твердения бетона [5, с.148] [6, с.162], так и вопросами исследования изменения напряженно-деформированного состояния в зависимости от условий эксплуатации и режимов нагружения [8, с.530], так, например, бетон в трубе находится в сложном трехосном состоянии [4, с.19; 7, с.197], что напрямую связано с устойчивостью и прочностью труبوبетона. Стальные трубы являются несъемной опалубки при бетонировании, что технологически эффективно и обеспечивает армирование бетона в продольном и поперечном направлениях. Использование труبوبетонных конструкций позволяет уменьшить расход металла и бетона в 1,5 - 2 раза, массу конструкции в 2 - 3 раза и, примерно, вдвое затраты труда в связи с радикальным уменьшением арматурных, сварочных работ и работ по монтажу опалубки.

Находясь в условиях всестороннего сжатия бетон в труبوبетоне выдерживает напряжение превышающее его призменную прочность существенно, что обеспечивается совместной работой стальной трубы и бетонного ядра. Поперечные деформации бетонного ядра стеснены стальной оболочкой как обоймой, что повышается прочность бетона примерно в 2 раза по сравнению с первоначальной. Кроме того, вместо ожидаемой усадки бетона, происходит набухание и его расширение, сохраняющееся на протяжении многих лет, что характерно для бетона изолированного любым способом от окружающей среды. Известные опыты О.Я. Берга с изолированными бетонными образцами являются этому подтверждением. Бетон, заполняя стальную трубу, повышает ее противокоррозионную стойкость, уменьшает гибкость элементов, увеличивает местную устойчивость стенок трубы.

Однако, труبوبетонный стержень эффективно работает только на сжатие и плохо на растяжение, что аналогично железобетонному. Поэтому в несущих каркасах труبوبетонные стержни должны быть сжаты.

В высотном домостроении рационально использование цилиндрических стержней [9, с.358], которые за счет улучшения аэродинамических свойств позволяют снизить ветровые нагрузки. Жесткость на кручение такого стержня значительно выше, чем у стержней не заполненных бетоном, что имеет важное значение при различных эксплуатационных воздействиях [2, с.48; 3, с.26].

Сопряжением труبوبетонных стержней является соосное, т.е. встык, что обеспечивает передачу усилий, как по оболочке, так и по ядру. Стыки оболочек рассчитываются по правилам сварных соединений как сварные швы. Расчеты стыков бетонного ядра не требуется, так как они принимаются равнопрочными целому месту ядра.

При реализации широкого применения трубобетонных конструкций необходимо повышение эффективности формирования технологической документации [1, с.37] по обеспечению высокой производительности заполнения труб бетоном, обеспечивающий однородность бетонного ядра. На сегодняшний день существуют три способа уплотнения бетона в трубах: глубинным вибрированием, штыкованием и внешним вибрированием. Первые два способа являются не достаточно эффективными, так как глубинное вибрирование осуществляется глубинными вибраторами и применение их возможно при больших диаметрах труб (более 100 мм); штыкование бетона производят вручную стержнями, что не может обеспечить высокую прочность бетона. Внешнее вибрирование является наиболее эффективным и универсальным, осуществляется с помощью вибростола с вертикальными гармоническими колебаниями. Трубы прочно прикреплены к вибростолу в вертикальном положении и вибрируют вместе с ним. Подача бетона осуществляется сверху через загрузочные воронки в вибрирующую трубу, производится одновременно заполнение ее и уплотнение [10, с.4].

На основании вышеизложенного, нужно отметить, что трубобетон в нашей стране незаслуженно забыт, ведь в возведении высотных зданий есть и важный экономический смысл.

Известно, что при высотной застройке уменьшается себестоимость квадратного метра, как в жилищно-коммунальном комплексе, так и в сфере бизнеса, что способствует его развитию. Кроме этого, у высотной застройки есть и инфраструктурный смысл: современные мегаполисы разрастается и становится сложно организовать единую систему инженерных коммуникаций. Например, отдельной проблемой является транспортная сеть, и даже самые современные развязки не позволяют избегать огромных «пробок». Массовая застройка высотными зданиями дает возможность сделать более компактными крупные города.

#### Библиографический список

1. Барабанова Т.А. Повышение эффективности формирования технологической документации // Сметно-договорная работа в строительстве. 2015. № 11. С. 37-39.
2. Берлинов М.В. Расчет конструкций каркаса зданий при динамических воздействиях от промышленного оборудования // Промышленное и гражданское строительство. 2004. № 6. С. 48-49.
3. Берлинов М.В. Учет энергопоглощения железобетонных конструкций в условиях нелинейного трехмерного деформирования // Бетон и железобетон. 2006. № 6. С. 26-29.
4. Берлинов М.В. О расчете железобетонных конструкций при трехмерном динамическом деформировании // Бетон и железобетон. 2004. №6. С. 19-22.
5. Берлинова М.Н., Берлинов М.В., Творогов А.В. К вопросу обеспечения прочности бетона методом термодинамики // Научное обозрение. 2015. №22. С. 148-153.

6. Берлинова М.Н., Берлинов М.В., Творогов А.В. Энтروпийный критерий прочности бетона в строительных конструкциях // Научное обозрение. 2015. №22. С. 162-165.

7. Берлинов М.В., Макаренков Е.А. Критерий прочности бетона в условиях трехосного напряженного состояния при динамических воздействиях // Научное обозрение. 2014. № 7-1. С. 197-200.

8. Берлинова М.Н., Творогов А.В. Режимная прочность бетона в строительных конструкциях // Естественные и технические науки. 2015. № 6 (84). С. 530-532.

9. Зверьяев Е.М., Берлинова М.Н., Ким А.Л. Оценка критерия прочности бетона на примере аналогии теорий цилиндрических оболочек и балок // Естественные и технические науки. 2014. № 9-10 (77). С. 358-360.

10. Кикин А.И., Санжаровский Р.С, Трулль В.А. Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном // М., Стройиздат, - 1974.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

*Андрейченко С.С., студент 1-го курса 7 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Давидюк А.А., доц., к.т.н.*

Экологическая безопасность – это состояние степени защиты жизненно важных интересов и потребностей человека и природной среды его обитания от возможного воздействия хозяйственной деятельности, ситуаций природного и техногенного характера и их последствий.

Экологическая безопасность рассматривает не только вопросы непосредственного загрязнения природной среды обитания человека, но и охватывает сферы, влияющие на человека в целом.

Основные рассматриваемые вопросы:

экологическое загрязнение природной среды;

шумовое загрязнение среды обитания человека;

световое загрязнение среды обитания человека.

Тема экологической безопасности автотранспортной инфраструктуры городского хозяйства актуальна на сегодняшний момент и является важным объектом для изучения. Связано это с тем, что данная тема затрагивает все основные вопросы экологической безопасности, и человек в городской среде практически каждый день взаимодействует с автотранспортной инфраструктурой.

### *Экологическое загрязнение природной среды*

Основная проблема в данном вопросе связана с загрязнением природной среды выхлопными газами от автотранспорта. Одно из решений данной проблемы является контроль за сокращением выбросов выхлопных газов в атмосферу. На примере Российской Федерации, «Постановление Пра-

вительства Российской Федерации от 20 января 2012г. N2 г. Москва «О внесении изменений в пункт 13 технического регламента «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ.», выбросы СН – до 0,1 г/км, выбросы СО – до 2,3 г/км, NOy – до 0,15 г/км.

Также, является важным вопрос об использовании эффективных дорожных реагентов, не наносящих вред экологическому состоянию природной среды. Так, например, согласно Постановлению 242-ПП «О порядке допуска к применению противогололедных реагентов для зимней уборки объектов дорожного хозяйства в городе Москве», водородный показатель (рН) – 5-9, насыпная плотность – 0,7-1,15.

### *Шумовое загрязнение среды обитания человека*

Проблемы шумового загрязнения характерны для городского хозяйства в целом, в частности и для автотранспортной инфраструктуры. Согласно Федеральному закону № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», уровень шума с 7:00 до 23:00 не должен превышать - 40дБ, а с 23:00 до 7:00 – 30 дБ. Одним из эффективных методов борьбы с шумовым загрязнением является использование шумозащитных экранов, в силу того, что очень много трасс и дорог с оживленным движением находится в непосредственной близости от жилой застройки.

Также, одним из эффективных методов борьбы с шумовым загрязнением в автотранспортной инфраструктуре является ограничение шума от мотора и выхлопной трубы транспортного средства и предусмотренная система штрафов за несоблюдение норм. Согласно ГОСТ Р 52231-2004 «Внешний шум автомобилей в эксплуатации. Допустимые уровни и методы измерений», допустимый уровень шума: автомобильные легковые категории М1 и грузопассажирские категории N1 – 96 дБА; автобусы категории М2 и автомобили грузовые категории N2 – 98 дБА; автобусы категории М3 и автомобили грузовые категории N3 – 100 дБА.

### *Световое загрязнение среды обитания человека*

Для безопасности движения на дороге очень важен вопрос о правильном освещении и отсутствии светового загрязнения. Например, в Российской Федерации, для того, чтобы встречный поток машин не ослеплял водителя, автовладельцам запретили установку ксеноновых фар на автомобили и ввели систему штрафов, согласно «ПДД. Основные положения по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения».

Также, уделено пристальное внимание рекламному освещению, так как слишком яркая подсветка может стать причиной дорожно-транспортного происшествия. Максимальная яркость рекламного знака – 2600 кд/м<sup>2</sup>, согласно СН 541-82 «Инструкция по проектированию наружного освещения городов, поселков и сельских населенных пунктов».



В заключение можно отметить, что соблюдение правил, норм дает положительный эффект на экологическую безопасность в целом.

### Библиографический список

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 20 января 2012г. N2 г. Москва «О внесении изменений в пункт 13 технического регламента «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ».
2. ГОСТ Р 52231-2004 «Внешний шум автомобилей в эксплуатации. Допустимые уровни и методы измерений».
3. СН 541-82 «Инструкция по проектированию наружного освещения городов, поселков и сельских населенных пунктов».
4. Постановление 242-ПП «О порядке допуска к применению противогололедных реагентов для зимней уборки объектов дорожного хозяйства в городе Москве».
5. Красилов В.А. Охрана природы: принципы, проблемы, приоритеты. М., 1992.

### **К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ПЕРЕРАБОТКИ БЕРЕГОВ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

*Ведерников Д.А., магистрант 1-го курса 7 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Остякова А.В., доц., к.т.н.*

В настоящее время в связи с ростом энергопотребления на урбанизированных территориях гидроэнергетическое, транспортное и рекреационное назначение водных объектов, как и раньше, имеет большое значение. В современных условиях на первый план по важности сегодня выходит проблема водоснабжения. Это происходит не только из-за роста населения в городах и развития промышленности. В последние годы климатологи отмечают признаки существенного изменения климата планеты, в частности, признаки потепления климата в северном полушарии. Также отмечается значительное уменьшение запасов и деградация подземных вод, таяние ледников, отступление границы вечномерзлых грунтов. Поэтому стоимость воды в мире продолжает возрастать, и уже сегодня в некоторых регионах сопоставима со стоимостью нефти.

Таким образом, в ближайшие годы главными хранилищами и источниками пресной воды будут являться, в основном, озера и водохранилища. Это обстоятельство выдвигает особые требования к сохранению качества воды, заставляет искать новые подходы в создании комплексных систем мониторинга, а также в оценке ущерба от негативных последствий переработки берегов водохранилищ.

Несмотря на то, что Россия обладает значительными водными ресурсами, в последние годы отмечается ухудшение их состояния из-за нерационального использования и загрязнения, что требует повышения качества государственного управления водными ресурсами. Такое изменение приоритетов водопользования заставляет искать новые подходы в создании комплексных систем мониторинга, а также в оценке ущерба от негативных последствий переработки берегов водохранилищ.

В «Водной стратегии РФ до 2020 года» [1] отмечается, что пресная вода является важнейшим жизнеобеспечивающим ресурсом. Приказ Министерства природных ресурсов РФ от 4 июля 2007 г. N 169 «Об утверждении Методических указаний по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов» предусматривает ведение комплексного мониторинга водных объектов. Однако приведенные в этих методических указаниях рекомендации носят общий характер, в частности, не разработан раздел по мониторингу береговых процессов крупными регулируемых водохранилищ с учетом гидрологических и инженерно-геологических свойств их берегов, а также назначение и перспективы дальнейшего использования и т.д.

Для эффективного управления и рационального использования водных ресурсов и принятия своевременных упреждающих мер по их сохранению, необходимо вести постоянный мониторинг за водными объектами, отвечающий современным требованиям [6, 7].

Существующие методики оценки ущерба [2-5] основаны, главным образом, на том, что ущерб подсчитывается путем определения стоимости земель или сооружений, которые подвергаются разрушению от воздействий водохранилища. Представляется, что в связи с выше изложенным было бы правильным определять *комплексный ущерб от негативных воздействий обрушения берегов* [6], которые приводят к обмелению водных объектов (в том числе, водохранилищ), ухудшению качества воды, накоплению загрязнений различного характера в донных отложениях, зарастанию прибрежной зоны заливов, размножению водной биоты, химическому загрязнению, ухудшению условий водопользования.

В зависимости от специфики водного объекта (назначения водохранилища, инженерно-геологических условий, ориентации берегов, режима его регулирования) образуется специфика переработки, которую необходимо изучать для стабилизации береговых процессов, проведения комплекса мер по предотвращению обрушения берегов.

Устойчивость берегов в зависимости от конкретных водных объектов зависит от многих факторов. Основными факторами, вызывающими негативное воздействие на береговой массив, являются *климатические* (значения и продолжительность отрицательных температур, высота снежного покрова, скорость роста положительных температур в весенний период, количество атмосферных осадков, направление силы ветра) и *антропогенные* факторы (интенсивность судоходства, строительство на бровках откосов, дноуглубительные работы, подрезка склонов) [8].

Основными параметрами, влияющими на устойчивость участков берегов к негативным воздействиям, являются [7]: высота и крутизна склона, физико-механические характеристики пород, особенности рельефа берега, глубина и рельеф дна, ориентация плоскости откоса по отношению к югу, близость берега к фарватеру, форма основного русла, наличие растительности на склоне и прилегающей территории и местоположение участка в водохранилище, влияющее на величину длины разгона ветровых волн.

Степень увлажнения береговых склонов и, следовательно, их способность к обрушению, обусловлена различными воздействиями на массивы грунтов, подвергающихся переработке. Основными воздействиями на массивы грунтов, слагающих берега водохранилищ и подвергающихся переработке, являются: волны от движения судов, ветровые волны, течения и изменения уровня водохранилища, размыв склонов талыми и дождевыми водами, водонасыщение оползневых массивов за счет инфильтрации атмосферных и грунтовых вод, фильтрационно-суффозионные процессы, промерзание и оттаивание склонов, а также антропогенные факторы (интенсивность судоходства, строительство на бровках откосов, дноуглубительные работы, подрезка склонов).

Такое многообразие воздействий факторов и условий вызывает многообразие форм разрушения берегов и различную скорость и интенсивность эрозионных процессов.

Так, например, вероятность обрушения берегов Углицкого водохранилища, сложенных, как и берега большинства Волжских водохранилищ, преимущественно моренными суглинками, зависит от механических свойств, которые меняются от степени водонасыщенности. В воздушно-сухом состоянии эти суглинки облают высокими механическими характеристиками, а в увлажненном состоянии прочностные и деформационные характеристики резко снижаются, и суглинки проявляют реологические свойства.

В то же время, например, около трети длины берегов всего Волжского каскада подвержены разрушительной эрозии.

По многолетним данным сработка береговой линии (отступление от уреза воды) колеблется в значительных пределах (например, Углицкое водохранилище - от 0,2 до 2,5 м в год), в зависимости от пород, слагающих берега. Сравнение темпов переработки берегов за первые годы эксплуатации водохранилищ и в последние годы показывают, что на многих участках эрозионные процессы продолжают оставаться активными.

Изложенные особенности требуют учета при создании эффективной системы мониторинга береговых процессов водохранилищ, что соответствует основным направлениям «Водной стратегии РФ до 2020 года» в части снижения ущербов от водного фактора.

Существующие методики оценки экономического ущерба определяют ущерб, только исходя из стоимости утраченных земель и сооружений, находящихся на берегу. Поскольку работы по берегоукреплению являются весьма дорогими, и стоимость этих работ не должна превышать экономический ущерб от переработки берегов, берегоукрепление обычно проводят

только в зонах активной жилой застройки или в районе значимых сооружений. Однако такой подход к методике ущерба является далеко не полным. В частности, экономический ущерб складывается не только из перечисленных, но и весьма значимых дополнительных факторов:

1. Увеличение площади зеркала водохранилища в результате переработки берегов и соответственно, увеличение испарения влаги, то есть, производительные потери воды из водохранилищ. Так, например, при средней переработке и отступлении берега на 2 м на Угличском водохранилище ежегодные увеличение площади зеркала составляет  $0,2 \div 0,4 \text{ км}^2$  в год.

2. Обмеление водохранилища вследствие попадания грунта обрушаемых берегов, более активный прогрев обмелевшей прибрежной зоны и развитие водной биоты. Таким образом, экономические потери будут связаны с необходимостью очистки прибрежной зоны от тростника, очистки питьевой и технической воды от планктона, а также из потерь в рыбном хозяйстве.

3. Экономические потери, связанные с необходимостью периодических работ по дноуглублению судоходных путей. Например, в Угличском водохранилище это будет около  $(1 \div 1,2) \cdot 10^6 \text{ м}^3$  в год.

4. Экономические потери, связанные с водоподготовкой и очисткой воды от растворимых солей и вредных примесей, попадающих вместе с обрушающимися массами грунта в воду.

5. Многочисленные, сложно поддающиеся расчетам косвенные ущербы, как-то: ухудшение качества зон отдыха и рекреационных зон (цветение воды и проч.), заболачивание территорий и ухудшение местной экологической обстановки, риск развитие болезнетворных микроорганизмов в застойной воде, экономические потери, связанные с заболеваниями по этим причинам и мн. др.

Таким образом, методика по определению экономического ущерба должна учитывать все экономические факторы ущерба. Для этого требуется для каждого водохранилища с учетом его специфики количественно оценить влияние каждого из вышеперечисленных факторов. Простейшие предварительные расчеты показывают, что при использовании более точной методики целесообразность укрепления берегов для многих размываемых участков будет экономически оправдана (в отличие от существующих методик). Для воплощения предложенного алгоритма в непосредственно методику оценки экономического ущерба от переработки берегов необходимо провести ряд дополнительных исследований, а также иметь прогнозы о росте питьевого и хозяйственного водопотребления из данного водохранилища.

#### Библиографический список

1. Водная стратегия РФ до 2020 года.
2. СП 116.13330.2012 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения». Актуализированная версия СНиП 22-03-2003. М.: Росстрой, 2004.

3. СП 58.13330.2012 Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003. М.: Минрегион России, 2011.
4. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства (часть I). М.: Госстрой России, 1997.
5. СНиП 2.06.15-85 Инженерная защита территории от затопления и подтопления. М.: Госстрой СССР, 1985.
6. Королев М.В. Предложения по развитию комплексной системы мониторинга Угличского водохранилища с учетом его особенностей // Бассейновый совет Верхневолжского бассейнового округа / Тезисы доклада. Пенза, 2013. С. 20-23.
7. Остякова А.В. Факторы переформирования берегов водохранилищ и направления исследований // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов / Тр. Междунар. научно-практ. конференции. Пермь, 2013. Т. 1. С. 276-282.
8. Дебольская Е.И., Остякова А.В. Лабораторное и математическое моделирование распространения загрязняющих примесей при катастрофических наводнениях на реках криолитозоны / Евразийское Научное Объединение. 2015. Т. 3, № 10. С. 226-230.

## **ВОПРОСЫ КАЧЕСТВА СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ**

*Христолюбов Е.П., магистрант 1 курса ИИЭСМ,*

*Харькин Ю.А., доц., к.т.н.*

*Научный руководитель – Король Е.А., проф., д.т.н., Пугач Е.М., к.т.н.*

Возведение светопрозрачных ограждающих конструкций высотных зданий – многооперационный процесс, требующий регламентированной технологии и организации производства работ, соблюдения качества материалов и графиков их поставки, норм и регламентов монтажа [1]. Из-за отсутствия достаточной информации по требованиям к качеству монтажа легких светопрозрачных навесных фасадов в федеральной нормативной документации [3], при их производстве возникает ряд дефектов, способных повлиять на безопасную эксплуатацию здания в дальнейшем.

В соответствии с принятой системой классификации дефектов в строительстве [2], они разделяются на группы:

К **значительным** относят дефекты, при наличии которых существенно ухудшаются эксплуатационные характеристики строительной продукции и ее долговечность. К числу характерных для светопрозрачных фасадных конструкций относятся: полное или частичное отсутствие антикоррозионного покрытия элементов, подвергающихся воздействию неблагоприятной среды; отсутствие диэлектрических подкладок, уплотнителя, тепло- и гидроизоляции или нарушения в их устройстве; закупорка дренажных полос и отверстий в профиле; неравномерное распределение массы отдельных стеклопакетов на опорные площадки ригелей.

*Критическими* являются дефекты, при наличии которых здание, сооружение, его часть или конструктивный элемент функционально непригодны, дальнейшее ведение работ по условиям прочности и устойчивости небезопасно, либо может повлечь снижение указанных характеристик в процессе эксплуатации. Применительно к светопрозрачным фасадным конструкциям критическими дефектами могут быть: недостаточное или избыточное затяжение анкеров крепления кронштейнов, установка анкеров за пределами зоны расположения арматурного каркаса в плите перекрытия, повреждение или монтаж конструкций с нарушением допусков, установленных в технических регламентах, отсутствие анкерного крепления; нарушение проектных узлов крепления и деформации кронштейнов; использование непроектных материалов; неполное крепление элементов каркаса; недостаточное крепление стеклопакетов к панелям или каркасу [4].

С целью определения влияния уровня организации работ на строительной площадке на количество дефектов ограждающих конструкций были проведены наблюдения на нескольких возводимых объектах, для которых рассматривались следующие характерные особенности:

- качество исходных материалов и конструкций, поставляемых на объект, организация снабжения;
- организация труда рабочих;
- способы механизации выполнения работ;
- организация строительного контроля.

В ходе наблюдений рассматривались нарушения требований проекта и технических условий, допущенные при устройстве элементного (7 зданий) и стоечно-ригельного фасадов (5 зданий) на четырех объектах.

Для первого объекта, представляющего собой комплекс из 4 зданий высотой 22-29 этажей и одного здания высотой 9 этажей характерны следующие особенности: нерегулярные поставки материалов, вызывающие простои в процессе монтажа и наличие механических повреждений на поставляемых конструкциях; отсутствие специализации и регулярной аттестации рабочих; монтаж элементов фасада при помощи башенного крана; отсутствие предварительного приемочного контроля основания под кронштейны фасада, сплошного геодезического и приемочного контроля.

Второй объект, состоящий из 3 зданий высотой 10 этажей, отличался от первого тем, что перед монтажом фасада проводилась геодезическая разбивка мест расположения несущих кронштейнов, отсутствовали данные в ППР по требованиям к качеству и приемке работ. В остальном отличительные признаки были теми же.

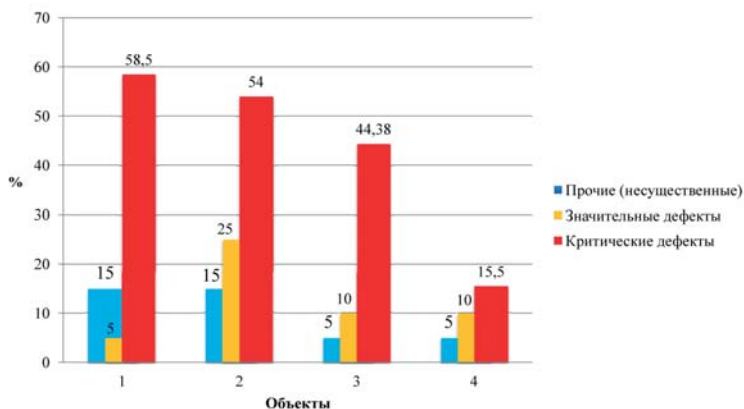
На третьем объекте, представляющим собой отдельностоящее здание высотой 72 этажа, имелись следующие особенности: перерывы в монтаже, вызванные перебоями в поставках материалов; превышение допускаемых отклонений размеров элементов от проектных; наличие дефектов сборки фасадных элементов (ненадежное крепление уплотнителей); специализация исполнителей по отдельным процессам; проведение предварительного обучения рабочих; отсутствие регулярной аттестации рабочих; применение

при монтаже башенного крана; выполнение контроля качества основания с устранением неровностей в ходе монтажа; осуществление геодезической разбивки мест расположения несущих кронштейнов; осуществление сплошного операционного контроля качества ИТР.

Четвертый объект (комплекс из 2 зданий высотой 9 этажей и 1 здания высотой 21 этаж) имел следующие особенности: отсутствие повреждений поставляемых конструкций; отсутствие перерывов в монтаже, вызванных перебоями в поставках конструкций; - специализация исполнителей по отдельным процессам; проведение предварительного обучения рабочих; проведение регулярной аттестации рабочих; применение при монтаже выносного крана и ручных лебедок в соответствии с ППР; предварительная приемка и подготовка основания под кронштейны; осуществление сплошного геодезического контроля производства работ; осуществление сплошного операционного контроля качества ИТР.

По результатам проведенных наблюдений можно проследить относительное количество дефектов каждой группы на рассмотренных объектах.

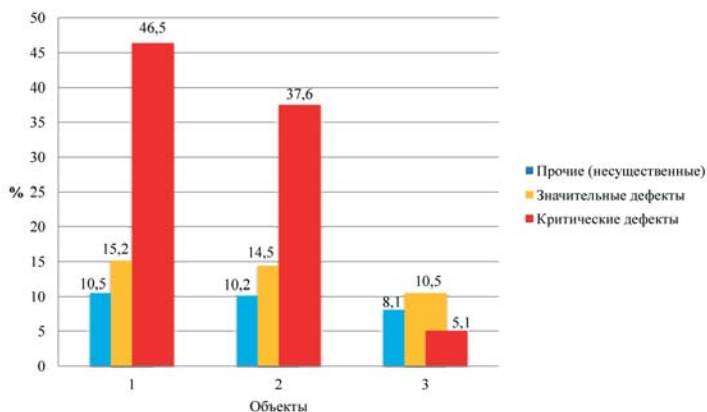
Для более технологичной системы – элементного фасада (рис. 1), предполагающего поставку требуемых материалов и конструкций согласно календарным графикам, подготовку фронта работ, геодезическое сопровождение и контроль процесса монтажа, определяющим является уровень организации работ. Как можно видеть из рис. 1, более высокий уровень организации работ на объекте 4 обеспечивает снижение относительного количества критических дефектов более чем в 3,7 раза.



**Рис. 1.** Влияние организации производства работ на снижение дефектности элементного фасада

Для стоечно-ригельной системы (рис. 2), сборка которой в основном происходит в проектном положении, что затрудняет осуществление контроля, и связана с большим количеством разнообразных операций крепления элементов, определяющим фактором является уровень организации труда исполнителей. Так для объекта №3, на котором наблюдалась система

организации труда, связанная с наличием специализации исполнителей по процессам, доля критических дефектов в сравнении с аналогами меньше в 7,37 раза.



**Рис. 2.** Влияние организации производства работ на снижение дефектности стоечно-ригельного фасада

Из диаграмм на рис. 1 и 2 видно, что доля критических дефектов сильнее зависит от основных технологических факторов при возведении фасада, чем доля менее значительных дефектов. Это можно объяснить тем, что инженерно-технические работники, несущие ответственность за производство работ и контроль качества наибольшее внимание уделяют предотвращению критических дефектов, зачастую оставляя без должного внимания менее значимые.

Внедрение в массовое строительство технологий возведения светопрозрачных фасадов требует решения следующих задач для снижения количества возникающих дефектов: формирование квалификационных требований к рабочим, выполняющим возведение фасада; совершенствование организации строительной площадки с учетом технологических особенностей возведения фасадов; нормирование затрат на производство работ по устройству фасада; стандартизация организационных и технологических решений и требований к качеству, указываемых в проектах производства работ на возведение светопрозрачных фасадов [5].

#### Библиографический список

1. Афанасьев А.А., Король Е.А., Каган П.Б., Комиссаров С.В., Зуева А.В. Технологические особенности возведения высотных зданий. // Вестник МГСУ. 2011. № 6. С. 369-373.
2. Классификатор основных видов дефектов в строительстве и промышленности строительных материалов. Приказ Главгосархстройнадзора России от 17.11.1993 г.



3. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. М., 2012.

4. Тельтевский А.П., Евстафьева М.В. Оценка влияния дефектов на надежность и прочность навесных светопрозрачных фасадов высотных зданий. // Academia. Архитектура и строительство. 2010. №3. С. 613-617.

5. Korol E., Kagan P., Barabanova T. Automation of the formation of organizational technological documentation. // Applied mechanics and materials. 2015. Vols. 738–739. Pp. 444-447.

## **ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ЗДАНИЙ**

*Моносов Ю.В., магистрант 1-го курса 8 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Дейнеко О.С., к.т.н.*

В процессе эксплуатации покрытий большепролетных зданий (с длиной пролёта свыше 18 м) периодически должен проводиться ремонт кровли, которая является наиболее уязвимым элементом покрытия, так как принимает на себя воздействие неблагоприятных внешних факторов: температурных перепадов, атмосферных осадков, механических повреждений и т.д. (Л1). Довольно распространённым видом кровли является мягкая кровля, представляющая собой «слоёный пирог», состоящий из нижних слоёв пароизоляции, утеплителя и верхнего защитного слоя гидроизоляции (Л2).

При выполнении ремонтных работ на кровле чрезвычайно важно обеспечить соблюдение технологии укладки каждого слоя. Нарушение пароизоляции и гидроизоляции крайних слоёв пирога приводит к намоканию утеплителя и, как следствие, к ухудшению его теплоизолирующих свойств с переносом точки росы в недопустимую зону. Некачественное исполнение примыканий верхнего гидроизоляционного слоя кровли – наиболее часто встречающийся на практике строительный дефект. Протечки, обычно, возникают в местах прохода через покрытие здания вентиляционных шахт, трубных разводов, кабелей, а также в местах сочленений плоскостей архитектурного ансамбля здания. Этот вид протечек не всегда бывает легко обнаружить, особенно когда вода не достигает внутренних помещений или появляется с задержкой в виде подтёков на потолке и стенах.

На одном из спортивных большепролётных объектов, после проведения капитального ремонта мягкой кровли было зафиксировано автоматизированной системой мониторинга несущих конструкций здания увеличение нагрузки на несущие конструкции покрытия. Тензометрические датчики, установленные в местах наибольшей деформации ферм, в течение нескольких месяцев сигнализировали на диспетчерский пост о тенденции увеличения нагрузки на покрытие, которое угрожающе стало приближаться к предельно допустимой расчётной нагрузке.

Увеличение нагрузки происходило в дождливые периоды и в периоды таяния снега. Зимой ситуация временно стабилизировалась. Анализ имев-

шейся рабочей строительной документацией на здание и документацией на ремонт кровли с учётом полученных телеметрических данных системы мониторинга позволил предположить службе эксплуатации объекта совместно с автором, что причиной увеличения нагрузки являются протечки, места которых на больших ровных поверхностях крыши визуально обнаружить довольно трудно. Намокающий утеплитель не может избавиться от накопившейся влаги, так как под ним лежит слой пароизоляции, а специальных каналов испарения влаги проектом на кровлю не предусмотрено.

В зимний период для локализации места намокания был использован метод неразрушающего контроля – были проведены замеры внутри здания температуры покрытия с помощью термографа.

Измерения в инфракрасном диапазоне зафиксировали в покрытии очаги утечки тепла. Косвенно они могли свидетельствовать либо о недостаточной толщине утеплителя, либо о его локальном намокании. Чтобы окончательно убедиться в правильности выдвинутого ранее предположения, специально назначенной комиссией в тёплое время года было произведено вскрытие кровли. Комиссия установила наличие значительного количества влаги в керамзитовом утеплителе и в выравнивающей бетонной стяжке. Таким образом, причина опасного увеличения нагрузки на несущие конструкции покрытия здания была установлена. По результатам работы комиссии с целью обеспечения безопасности находящихся в здании людей был разработан комплекс мер, включающий в себя повторный ремонт кровли.

Проанализировав вышеописанную ситуацию, можно сделать следующие выводы:

1. Правильная организация эксплуатации кровли большепролётных зданий способна обеспечить безопасность нахождения в них людей.
2. Для специалистов-эксплуатационников обязательным условием успешной эксплуатации здания является наличие на объекте эксплуатации исполнительной строительной документации на здание (ЛЗ), в том числе документации, представляемой ремонтными подрядными организациями.
3. Внедрённая на некоторых большепролётных объектах система автоматизированного мониторинга несущих конструкций, в частности, мониторинга состояния покрытия здания, является эффективным фактором прогнозирования неблагоприятных ситуаций.
4. Применение современных методов неразрушающего контроля позволяет проводить анализ технически сложных ситуаций с целью подготовки необходимых организационных решений.
5. Вовремя инициированное проведение специального обследования конструкций большепролётного здания предотвращает аварии, способные повлечь трагические последствия.

#### Библиографический список

1. Касьянов В.Ф. Реконструкция жилой застройки городов: учебное пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2005.

2. В.Г. Козачек, Н.В. Нечаев, С.Н. Нотенко и др. / Под ред. В.И. Римшина. Обследование и испытание зданий и сооружений: учеб. пособие для вузов – М.: Высшая школа, 2004.

3. СП 17.13330.2011 Кровли. Актуализированная редакция СНиП 11-26-76 «Свод правил кровли».

4. Приказ Ростехнадзора № 1128 от 26.12.2006 года.

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ ЧАСТИ ЖИЛОЙ ТЕРРИТОРИИ МИКРОРАЙОНА «КРАСНАЯ ГОРКА» Г. ЛЮБЕРЦЫ**

*Пискунов Е.В., магистрант 1-го курса 8 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Римшин В.И., проф., д.т.н.*

### **Введение**

Повышение спроса на жилую недвижимость в городах ближайшего Подмосквья вызвало необходимость повышения эффективности использования территории в реконструируемых районах этих городов [1-2]. В большинстве случаев размещение нового жилого фонда в городах происходит выборочно, путем уплотнения существующей застройки или сноса ветхого жилья постройки 1950-1970 гг. [2-3]. Подмосковные Люберцы современный и развивающийся город, в котором производится как точечная застройка, так и освоение новых территорий.

### **Существующее положение рассматриваемой территории**

Рассматриваемая территория расположена в микрорайоне «Красная горка» и расположена в северо-западной части городского поселения Люберцы. Границами рассматриваемой территории являются Наташинский парк, индивидуальная жилая застройка, магистральные пути Казанского направления МЖД, средне- и многоэтажная застройка. На рассматриваемой территории проживает 2400 человек и преобладает малоэтажная жилая застройка, постройки 50-60х годов XX века, которая относится к категории ветхого жилого фонда. Конструкции зданий имеют значительный физический износ, как следствие отсутствия своевременного текущего и капитального ремонта, очевиден и моральный износ инженерного оборудования и других систем зданий, которые не соответствуют современным стандартам. Рассматриваемая территория и территория городского поселения Люберцы обладает высоким градостроительным потенциалом, на которых уже расположены и планируются к размещению объекты социальной, инженерной и транспортной инфраструктур, следовательно, на рассматриваемой территории целесообразно провести реконструкцию с увеличением плотности застройки.

## **Градостроительное развитие рассматриваемой территории**

Развитие рассматриваемой территории предусмотрено документами территориального планирования. Строительство многоэтажных жилых домов переменной этажности (12-25 эт.) с общей площадью квартир составит 380 000 кв.м., позволит обеспечить комфортным и современным жильем 13 500 человек, исходя из обеспеченности 28,0 кв.м. жилья на человека, которая указана в нормативах градостроительного проектирования Московской области. Обслуживание населения будет осуществляться планируемыми социальными объектами (образовательными учреждениями, учреждениями здравоохранения), планируемыми встроенно-пристроенными объектами коммунально-бытового и торгового назначения, для хранения личного автотранспорта населения предусмотрены надземные и подземные гаражи-стоянки, также предусмотрена реконструкция внешней и внутренней улично-дорожной сети [4]. Для развития мест приложения труда планируется строительство объекта делового управления (офисное здание) со встроенным гаражом стоянкой. Предусмотрены реконструкция и новое строительство объектов инженерной инфраструктуры, в частности монтаж газопроводов низкого давления, а также реконструкция ВНС, для удовлетворения потребностей в хозяйственно-питьевой воде не только жителей рассматриваемой территории, но и соседних территорий.

### **Выводы**

Реализация планируемого строительства многоэтажных жилых домов значительно сэкономит городскую территорию и позволит использовать ее более интенсивно и эффективно, создаст условия возможности организации рекреационных зон на прилегающих территориях и сокращения протяженностей сетей инженерно-технического обеспечения и улично-дорожной сети, что обеспечит более комфортные условия проживания. Важно отметить, что по окончании строительства население, проживающее в ветхом жилом фонде, получит новое комфортабельное жилье и получит новые рабочие места [3].

### **Библиографический список**

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 №190-ФЗ.
2. СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\*.
3. Касьянов В.Ф. Реконструкция жилой застройки городов: учебное пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2005.
4. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов. – М.: Транспорт, 1990.

## ПЕРЕНОС ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ УЧАСТКА ТРЕТЬЕГО ПЕРЕСАДОЧНОГО КОНТУРА МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

*Серганова Н.А., магистрант 2 курса ИИЭСМ  
Научный руководитель – Король Е.А., проф., д.т.н.*

Новая кольцевая линия Московского метрополитена протяженностью 61 км расположится ближе к окраинам столицы и пересечет все радиальные линии. Третий пересадочный контур станет настоящим спасением для периферийных районов города с наибольшим пассажиропотоком. С запуском второго кольца сократится время проезда пассажиров до точки назначения. Предполагается, что новым кольцом будут пользоваться около миллиона человек в день. Третий пересадочный контур решит стратегическую задачу необходимости ехать в центр для пересадки. Это сократит время пассажиров в пути, создаст комфорт при пересадках и освободит перегруженный центр города.

Участок Третьего пересадочного контура (ТПК) от станции «Деловой центр» до станции «Нижняя Масловка» проходит по территориям районов Пресненский ЦАО, Хорошево-Мневники СЗАО, Хорошевский, Беговой, Аэропорт, Савеловский САО, Бутырский, Марьино Роща СВАО.

По функциональному зонированию территории относятся к территориям жилого, производственного и природно-общественного назначения.

По строительному зонированию территории относятся к территории со средне и высокоплотной застройкой смешанной этажности.

По ландшафтному зонированию территории относятся к ландшафтными зонам смешанного назначения. На рассматриваемой территории расположены особо охраняемые природные территории и природные комплексы.

Протяженность участка составляет 12,41 км. Участок строительства включает строительство перегонных тоннелей, камер съездов, тупиков, соединительной ветки с Серпуховско-Тимирязевской линией, станций «Деловой центр» (внутреннее обустройство), «Шелепиха», «Хорошевская», «Ходынское Поле», «Петровский парк», «Нижняя Масловка», из которых 4 – пересадочные и притоннельных сооружений (эвакуационных и вентиляционных сбоек, стволов, венткамер, водоотливных установок) [4].

Проектирование объекта учитывает выделение первоочередных работ, которые запроектированы в объеме проектной документации «Освоение площадок для строительства объектов метрополитена (вынос инженерных коммуникаций)».

Для строительства линии используются базовые и участковые строительные площадки. Базовые строительные площадки предусмотрены для строительства станций. Участковые строительные площадки располагаются около рабочих стволов, вентиляционных стволов и сооружаемых объектов метрополитена (вестибюля, вентканала и пр.) и функционируют

в течение всего срока строительства линии. Положение площадок определено наличием используемой территории в условиях застроенной части города [1].

Освоение площадок: вынос подземных инженерных коммуникаций из зоны строительной площадки; вырубка, пересадка зеленых насаждений; ограждение и обустройство строительной площадки временными зданиями и сооружениями даны в объеме проектной документации.

Последовательность и трудоемкость этих работ определяет сроки строительства. Качество и своевременность производства работ подтверждается наличием оформленных актов освидетельствования скрытых работ и актов выполненных работ на соответствие проектной документации.

Виды работ / Объект	"Нижняя Масловка"	"Петровский Парк"	"Холыньское Поле"	"Хорошевская"	"Шелениха"	"Деловой Центр"
Переустройство сети уличного освещения	+	+	+	+	+	+
Переустройство сети связи	+	+	+	+	-	-
Переустройство электрических сетей	+	+	+	+	+	-
Водопровод	+	+	-	+	+	-
Канализация	+	+	-	+	-	-
Дождевая канализация	+	+	-	+	+	+
Переустройство контактной сети	+	+	-	-	-	-
Газоснабжение среднего давления	-	+	-	+	+	-
Теплосеть	-	+	-	+	+	-

#### Библиографический список

1. Теличенко В.И., Зерцалов М.Г., Конюхов Д.С., Королевский К.Ю., Король Е.А. Современные технологии комплексного освоения подземного пространства мегаполисов – М., 2010.
2. Теличенко В.И., Король Е.А., Каган П.Б., Сборщиков С.Б. Управление проектами реконструкции и реновации жилой застройки. – М., 2009.
3. Казачек В.Г. и др. Под ред. Римшина В.И. Обследование и испытание зданий и сооружений. Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Промышленное и гражданское строительство» направление подготовки «Строительство». Изд. 4-е, перераб. и доп. – М., 2012.

4. СНиП 12-01-2004 «Организация строительства».
5. СНиП 3.01.03-84 «Геодезические работы в строительстве».
6. СП 120.13330.2012 «Метрополитены».
7. СНиП 2.06.14-85 Защита горных выработок от подземных и поверхностных вод.
8. ВСН 127-91 Нормы по проектированию и производству работ по искусственному понижению уровня подземных вод при сооружении тоннелей и метрополитенов.
9. РД-11-02-2006 Требования к составу и порядку ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства и требования, предъявляемые к актам освидетельствования работ, конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения.

## **ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

*Зебрёва М.Ю., студентка 6-го курса 32 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Вотякова О.Н., к.т.н.*

Понятие «познание» включает в себя смысловые выражения «поиска знаний» и «достижение знаний». В научной литературе утверждается, что основными инструментами поиска знаний являются модели и методы.

Любое исследование, как правило, связано с абстракцией и формализацией изучаемого предмета.

В исследованиях *модель* (от лат. Modelium – мера, образ, способ) - рассматривается как наиболее эффективное средство познания и отражения реальности.

В организационно-технологическом проектировании модели создаются для изучения и анализа систем.

В научной литературе выделяют два вида моделей: символические и физические.

*Символические модели* создаются с помощью графических, языковых, а также математических средств описания и абстрагирования.

*Физическая модель* обобщает материальную систему, которая отличается от моделируемого объекта различными свойствами.

В организационно-технологических моделях строительства объектов производят оптимизацию выполнения отдельных видов строительных работ, в том числе сроков, использование ресурсов и интенсивность ведения работ.

В практике организационно – технологического моделирования используются различные модели, при этом установлены наиболее рациональные области применения каждой из них.

Графическими моделями строительного производства служат: линейные графики Г.Л. Ганта, циклограммы, а также сетевые графики.

Используя, широко распространенных линейные графики удается достаточно наглядно отобразить ход работы и последовательность выполнения операций. Однако, в случае рассмотрения сложных зависимостей между работами по ряду причин, такие графики малоэффективны:

- отсутствие наличия явных взаимосвязей между отдельными операциями;
- сложность корректировки при изменении условий, негибкость;
- сложность вариантной проработки;
- сложность применения современных математических методов.

При отображении циклограммы достаточно наглядно отображается строительный процесс во времени и пространстве. Большое распространение циклограммы получили при возведении однотипных зданий и сооружений. На циклограммах за единицу продукции чаще всего принимается участок или захватка. Захваткой, например, для многоэтажного жилого дома служит типовая секция в пределах одного этажа.

Однако, при возведении крупных промышленных комплексов, характеризующимися сложными взаимосвязями работ, наглядность и продуктивность циклограммы существенно снижается.

Сетевая модель наглядно отображает взаимосвязь операций и порядок их выполнения. Технологические операции логически упорядочены во времени в том смысле, что одни операции нельзя начать, прежде чем не будут завершены другие. Операция, при этом, представляет собой работу, для выполнения которой требуется определенное количество времени и ресурсов.

С применением сетевых моделей в практике решается широкий круг задач оптимизации планирования и претворения в жизнь проектов любой сложности.

При этом решаются задачи:

- в определении критического пути;
- в определении и расчете резерва времени;
- равномерного планирования человеческих и материальных ресурсов;
- оптимизация материальных ресурсов.

При этом анализ ряда источников выявил, что в современной практике построения моделей при разработке организационно-технологической документации используются как линейные, так и сетевые модели. Выбор того или иного способа отображения процесса организации и планирования работ зависит от конкретного исполнителя либо оговаривается заказчиком в техническом задании.

#### Библиографический список

1. Вотякова О.Н., Григорьев В.А. Основные направления оптимизации календарных планов // Потенциал современной науки. 2014. №2. С.20 -22.
2. Фрейдина Е.В. Исследование систем управления: учеб. пособие по специальности «Менеджмент организации» / под ред. Ю.В. Гусева. - 5-е изд., стер. – М.: Издательство «Омега - Л», 2013. 368 с.



## ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ

*Козлова А.В., студентка 6 курса 32 группы ИИЭСМ*  
*Научный руководитель – Вотякова О.Н., к.т.н.*

К линейным объектам в строительстве относятся линии электропередачи и связи, трубопроводы, железные и автомобильные дороги.

При этом для данных сооружений наиболее эффективным, с точки зрения организации и планирования строительного производства, является поточный метод.

Сущность поточного метода применительно к таким объектам заключается в том, что работы выполняются отдельными захватками, которые представляют собой законченный технологический процесс функционирования части объекта или на локальном участке возможно выполнение всего комплекса работ. Так для линий электропередачи рабочей захваткой считается анкерный пролёт, а для линий связи – участок между двумя муфтами в пределах строительной длины.

Поточность выполнения тех или иных операций достигается строгим соблюдением технологической последовательности выполнения процессов, участием в потоке постоянного числа машин и механизмов, трудовых ресурсов, а также строгой специализацией работников.

Многолетняя практика строительства линейных объектов, в том числе линий электропередачи, выявила наиболее целесообразную последовательность выполнения работ:

- каждый вид работ выполняет специализированная бригада;
- трассу линии разбивают на несколько участков фронта работ;
- первой работу начинает бригада, ответственная за подготовительные работы, по окончании работ бригада переходит на новый участок; далее приступает к работе вторая бригада, которая выполняет работы по транспортировке материалов, за ней бригада по устройству фундаментов и земляным работам и т.д.
- по мере выполнения работ специализированные бригады последовательно перемещаются по трассе с одного участка на другой.

При составлении графика учитывается производительность машин, выполняющих отдельные виды работ, т.е. увязывается комплексная механизация работ с поточным методом строительства.

При строительстве и реконструкции линейных объектов возникает необходимость проводить и комплекс других работ, таких как переустройство существующих сооружений, устройство временных дорог и мостов, снос строений, сооружений линий связи, в этом случае эти работы поручают выполнять отдельной бригаде. При этом график работы данной бригады должен быть согласован с работами основных потоков.

Для составления графика служат следующие исходные данные:

- укрупнённый сетевой или линейный графики, утверждённые в составе основных технических решений и принятые на его основе проектные решения;
- проект производства работ;
- действующие государственные нормы на строительномонтажные работы (ГЭСН), состав звена (ЕНиР);
- типовые технологические карты на различные виды строительномонтажных работ;
- данные о наличии ресурсов и материально-технической базы подрядной организации;
- данные об особых условиях строительства и производительности труда рабочих на различных видах работ.

#### Библиографический список

1. Олейник П.П., Вотякова О.Н. Особенности календарного планирования при реконструкции линий электропередачи // Научное обозрение. 2014. №11. С.339-341.
2. Вотякова О.Н. Анализ расчётных показателей продолжительности строительства (реконструкции) линий электропередач// Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. 2014. Т. 1. №7. С.95-98.
3. Вотякова О.Н. Сетевые методы управления на примере строительства линий электропередач // Инновации в науке. 2015. №1(38). С.22-26.

СЕКЦИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ

## РЕКОНСТРУКЦИЯ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ЖИЛОГО ФОНДА

*Брикульский Н.С., студент 4-го курса 31 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Чернышева О.И., старший преподаватель*

Жилищное строительство с конца 50-х годов XX века осуществлялось с большой интенсивностью и базировалось на типовых проектах (рис. 1) с экономической планировкой квартир, рассчитанных на посемейное заселение. Прочность и пространственная жесткость панельных зданий существенно выше, чем зданий традиционных конструкций, что обеспечивало безальтернативность строительства 50 – 60-х годов, а в 70 – 80-х, используя резервы несущей способности системы, позволило увеличить высоту зданий массового строительства до 17 – 22 этажей.



**Рис. 1.** 9-этажный панельный дом

Одной из основных проблем индустриальной застройки является сильный моральный износ, как самого здания, так и придомовой территории. Высокая плотность застройки отрицательно влияет на такую сферу жизнедеятельности общества, как автотранспорт. Небольших автостоянок перед жилым домом недостаточно, чтобы удовлетворить потребность в них (рис. 2).



**Рис. 2.** Дефицит парковочных мест во дворах индустриальной застройки

Также высокая плотность застройки (рис. 3) подразумевает и высокую плотность населения в данном районе. В сумме с частым сегодня явлением беспорядочной точечной застройкой, возникает еще одна задача: обеспечение населения необходимыми социальными объектами (школами, больницами, спортивными сооружениями).



**Рис. 3.** Высокая плотность индустриальной застройки

Одним из решений является реконструкция района целиком путем сноса изношенных панельных домов и возведением на освободившейся территории нового жилищного комплекса со всеми необходимыми объектами. Однако встает вопрос о переселении, и для его решения необходимо иметь достаточный резерв в жилом фонде.

Еще одним вариантом реконструкции жилого района является модернизация существующих домов, которые хоть морально и устарели, но конструктивно еще могут прослужить с пользой ни одно десятилетие. Различного рода пристройки и надстройки позволяют улучшить жилищные условия, увеличить жилую площадь каждого дома. Но это по-прежнему не решает проблем, вызванных высокой плотностью застройки.

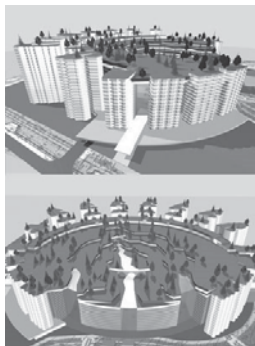


**Рис. 4.** Пример интерьера квартир в мегаклстерах

С целью ее решения можно обратиться к такой инновации в строительстве, как возведение мегакластеров – крупных зданий-комплексов, включающих в себя полный набор всех социальных элементов городского образования, необходимый и достаточный для полноценного автономного функционирования (рис. 4). Мегакластер включает в себя не только жилье с соответствующим количеством гаражей, но и детские учреждения, учреждения бытового обслуживания, спортивные центры, торгово-развлекательные центры и так далее (рис. 5).

Такой подход к организации массовой застройки на основе возведения мегакластеров состоит в использовании следующих основных принципов:

- эффективное использование естественного и солнечного света для освещения жилых помещений;
- объединение в одном здании всех городских функций в сбалансированных пропорциях;
- рациональное световое зонирование многофункционального комплекса;
- организация полноценной парковой зоны на кровле комплекса и прилегающих к нему территориях.



**Рис. 5.** Пример проекта мегакластера

Возведение объекта подобного масштаба – альтернатива точечной застройке силами отдельных разрозненных инвесторов. И осуществлено оно может быть исключительно на основе государственного градостроительного регулирования. Объемно-планировочная структура мегакластера предполагает увеличение полезных площадей как минимум в 20 раз по сравнению с традиционными приемами комплексного освоения городских территорий. Данный подход к решению градостроительных проблем позволяет увеличить эффективность использования территории на порядки, освободив, таким образом, площади для создания парков, скверов, водоемов, а также позволит сохранить в неприкосновенности памятники истории и культуры.

Оценивая экономические вопросы строительства и эксплуатации мегакластеров, стоит отметить, что непосредственное объединение различных функциональных групп в единый объем на основе принципа светового зонирования позволяет минимизировать затраты на освещение помещений, требующих высокого уровня комфорта или зрительной работы. В то же время полностью исключены потери тепла через ограждающие конструкции помещений, не требующих естественного света. Объединение в общую инженерную систему таких объектов, как ледовый дворец, морозильные камеры гипермаркета или системы охлаждения вентиляции с аквапарком и системами отопления позволяют получить нулевой тепловой баланс и исключить энергозатраты на климатизацию комплекса.

Таким образом, из перенасыщенного района с низкими показателями комфорта на той же самой территории можно получить целый комплекс путем объединения в нем как существующих зданий, так и пристроек и надстроек, которые и будут объединять существующие постройки в одно целое, а также позволят разместить в комплексе необходимые социальные объекты.

Подобное решение задачи комплексной реконструкции кварталов сложившейся застройки максимально соответствует целям и задачам программы создания комфортной среды жизнедеятельности. Это способ решения проблем, которые до сих пор были камнем преткновения для начала широкомасштабной реализации реконструкции устаревшего жилищного фонда.

Реализованным примером успешности такого подхода может служить жилой дом в микрорайоне Гольяново (Щелковское шоссе, 79). Вместо планировавшегося 16-этажного здания полезной площадью 12 тыс. м<sup>2</sup>, заставляющего соседние дома, при решении проблемы путем возведения мегакластера всего на 12 этажах удалось разместить 30 тыс. м<sup>2</sup> полезной площади. Его корпус сформирован на основе светоинсоляционных полостей так, чтобы обеспечить максимально высокий уровень светоклиматического комфорта во всех жилых помещениях.

Подводя итоги, стоит заметить, что развитие инфраструктуры является важным этапом в реконструкции районов индустриальной застройки. И такое решение проблемы, как модернизация индустриального жилого фонда в комплексы, может получить широкое распространение.

#### Библиографический список

1. Журнал «Архитектура и строительство Москвы». Режим доступа: <http://www.asm.rusk.ru>.
2. Статья «План сноса домов на 2016 год в Москве». Режим доступа: <http://god-2016.com/novosti/plan-snosa-domov-na-2016-god-v-moskve>.

### КОТТЕДЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО (ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ)

*Воскобойник Д.С., магистрант 1-го курса 8 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Касьянов В.Ф., проф., д.т.н.*

#### Введение

Появление за последние 20 лет в России среднего класса, благосостояние которого позволило приобретать в собственность или строить частные малоэтажные дома, определило бурный рост загородного малоэтажного и особенно коттеджного строительства. Первоначально (1990-1995 гг.) за неимением опыта, в основном кирпичные двухэтажные, коттеджи по плани-

ровочному решению строились как большие городские квартиры с комнатами вокруг среднего коридора. Деревянные дома повторяли дачные постройки начала XX века или представляли предельно простые домики с малым количеством небольших помещений. Один из таких домов представлен на рис. 1.



**Рис. 1.** Деревянный коттедж XX века

Развитие малоэтажного строительства сопровождалось обилием проб и ошибок, поскольку население, не имея достаточных знаний и финансовых средств, пыталось решать строительные задачи собственными силами, не прибегая к услугам специалистов. Да и специалисты, как архитекторы, так и инженеры с еще советской подготовкой в этой области строительства не были готовы к решению профессиональных задач в новых условиях. Начиная с 1995-96 годов, на российский строительный рынок хлынули западные материалы, изделия и технологии. Изучая мировой опыт малоэтажного строительства, специалисты обнаружили, что он чаще не подходил к суровым климатическим условиям России и менталитету российских граждан. Таким образом, 1990-2005 годы были периодом становления современной российской школы проектирования и строительства малоэтажных зданий. Одной из отличительных особенностей современной жилищной политики РФ является наличие устойчивой тенденции увеличения доли малоэтажного строительства как в целом по РФ, так и по регионам. По данным многочисленных соцопросов, большинство россиян хотели бы жить в собственном доме, за чертой города, в более комфортных и экологически чистых условиях. Во многих странах большинство людей проживают в малоэтажных домах, а монолитные высотки там служат лишь как административно-коммерческие офисные центры.

### **Особенности коттеджной застройки в стране**

Обычно, в коттедже предусмотрено не больше двух комнат: на первом этаже может располагаться гостиная, объединенная с кухней, подобие холла или прихожей у входа, санузел, а также котельная. Там же на первом этаже может быть пристрой в виде гаража для машины, а сам дом нередко



окружает небольшой приусадебный участок. Второй этаж обычно маленький и занят спальней либо детской комнатой, при этом на мансарде скатная крыша, т. е. потолок.

В России же коттеджная застройка имеет свои особенности. У нас это скорее элитное владение, нежели дом сельского типа. На сегодняшний день большинство наших соотечественников ограничиваются строительством коттеджей, не превышающих площадью 300 квадратных метров. Этого вполне достаточно для размещения нескольких спален, прихожей, столовой, кухни, двух ванных комнат и двух туалетов. Останется место и для таких дополнительных удобств, как спортивный зал, бассейн или бильярдная. Чаще всего территория коттеджа огораживается от соседних домов 2-х метровым металлическим забором. Пример такого дома представлен на рис. 2.



**Рис. 2.** Пример коттеджа в России.

### **Основные технологии строительства**

На сегодняшний день в России прижились несколько основных технологий по коттеджной застройке:

- строительство из силикатного или керамического кирпича;
- дома из оцилиндрованного бревна;
- коттеджи из профилированного бруса;
- постройки из ЛСТК (лёгкие стальные тонкостенные конструкции).

У каждой из них есть свои достоинства и недостатки, но многих объединяет одно – высокая скорость строительства (кроме работ из кирпича) и за счет этого снижение затрат на возведение коттеджа.

Кроме экономической выгоды и возможности построить современный коттедж за 4-6 недель, данные технологии отличаются экологичностью, высокими свойствами теплоизоляции и энергоэффективностью, являются ресурсосберегающими технологиями. Современные материалы устойчивы к внешним воздействиям, выдерживают климатические и температурные перепады, подходят для российских условий, являются прочными и износостойкими.

Кирпичный коттедж, представленный на рис. 3., дом или другие сооружения оценивают как самые долговечные и красивые. К тому же такие строения простоят долгие годы и возможно, что даже ваши внуки и даже правнуки будут жить в нем.



**Рис. 3.** Кирпичный коттедж

Коттедж из оцилиндрованных бревен (рис. 4.) дает меньшую усадку, что позволяет сразу приступить к его внутренней отделке. Хотя, в деревянных домах ее вообще можно не проводить, как и внешнюю облицовку, полагаясь на красоту и свойства природного материала.



**Рис. 4.** Коттедж из оцилиндрованных брёвен

Коттедж из профилированного бруса (рис. 5.) получается относительно теплым, дышащим и экологически чистым жильем. Коробка из бруса возводится в течение 2 месяцев и не требует утепления, если коттедж не предназначен для постоянного зимнего проживания. Материал для строительства можно заказать на заводе производителе, где все элементы будут изготовлены строго согласно проекту, останется только правильно и аккуратно собрать и скрепить.

Система ЛСТК (лёгкие стеновые тонкостенные конструкции) (рис. 6.) современна и популярна во многих странах в качестве удобного технологичного и быстрого способа возведения зданий.

Основное преимущество технологии – скорость строительства. Лёгкие конструкции из прочной стали позволяют построить дом в 100 кв. м за две – три недели, причём усилиями одной рабочей бригады из 4 человек.

Такая быстрая возводимость строения не мешает ему быть прочным и устойчивым к негативным воздействиям внешней среды, таким как сейсмоактивность, влага, ветер.



**Рис. 5.** Коттедж из профилированного бруса



**Рис. 6.** Система ЛСТК

### **Основные проблемы в развитии коттеджного строительства**

На сегодня самой большой проблемой при строительстве коттеджей на территории России является наделение строения хорошими теплоизоляционными свойствами. Главное требование, предъявляемое к коттеджу – сохранять тепло зимой, а летом прохлады, так чтобы расходы на отопление были минимальны. Данная проблема определяет выбор, какой материал использовать и по какой технологии возводить здание. Поэтому решая эту задачу, используют некоторые технологии, позволяющие сберечь тепло. К этим технологиям можно отнести: использования вентилируемых фасадов (рис. 7.), внешнее утепление теплоизоляционными панелями (рис. 8.).

Ещё одной проблемой в развитии коттеджного строительства в России является плохо развитая инфраструктура. Мало кто согласится жить в коттедже, если он находится очень далеко от школ, поликлиник, магазинов и так далее. Даже при наличии автомобиля не спасает ситуацию – во время отсутствия владельца дома он должен быть уверен, что имущество находится в сохранности, но при отсутствии охраны по близости это не возможно. Сейчас, строительные компании строят коттеджные поселки сразу на охраняемых территориях и с подведенной инфраструктурой.



**Рис. 7.** Вентилируемый фасад



**Рис. 8.** Теплоизоляционные панели

## **Заключение**

Для того, чтобы мы могли быстрее развивать коттеджное строительство в России необходимо:

1. Поддержка развития отрасли со стороны государства госпроектами и программами.
2. Улучшение инфраструктуры.
3. Использование новейших технологий.
4. Для того, чтобы начали работать проекты индустриального малоэтажного домостроения, которые уже есть, чтобы такие проекты смогли обеспечивать граждан России комфортным и доступным жильем, нужно начать массовое выделение земельных участков. Причем, как гражданам, так и компаниям, которые могут обеспечить комплексное освоение земли.

## **Библиографический список**

1. Тенденции развития рынка коттеджного строительства в России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://albadom.ru>.
2. Особенности коттеджного строительства. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://factorstroy.ru>

3. Косарева Н.Б., Полиди Т.Д., Пузанов А.С. Рынок жилищного строительства в России: современное состояние и перспективы развития // Статья подготовлена по результатам научно-исследовательской работы «Исследование структурных проблем экономического развития», выполненной в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2012 г.

4. Современные коттеджи и современные технологии строительства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://buildperson.ru>

## НАНОТЕХНОЛОГИИ ПРИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ГОРОДА

*Максимов И.Д., студент 4-го курса 31 группы ИИЭСМ*

*Научный руководитель – Чернышева О.И., старший преподаватель*

«Нано» как первая часть сложных слов служит для обозначения величин размером  $10^{-9}$  метра. Иначе говоря, слова с этой частью могут определять любые технологии, оперирующие веществами на таком размерном уровне.

Развитие ряда сфер производственной деятельности напрямую зависит от свойств используемых материалов. Сегодня многие технологические направления достигли пика своих возможностей или как минимум приблизились к нему: прочность, термо- и химическая стойкость, вес и другие свойства веществ используются в полную силу.

Дальнейшее развитие отраслей требует от материалов новых качеств. Эти свойства можно получить, модифицируя характеристики материалов на наноуровне. Нанотехнологии позволяют менять свойства уже используемых материалов и создавать новые – с комбинированными, неизвестными ранее характеристиками.

Внедрение нанотехнологии в строительстве приведет к значительным техническим и экономическим достижениям. Вот, например, какие уникальные продукты уже появляются.

1. Бетон, воспринимающий нагрузки на изгиб и растяжение без каркасного металлического армирования. Пока получены только лабораторные результаты. Предстоит создать промышленную технологию, позволяющую гарантированно распределить новые высокопрочные связи равномерно по объему бетона.

2. Дорожная одежда в виде сплошной бесшовной ленты из наномодифицированного бетона. Технология, позволяющая на порядок снизить затраты в дорожном строительстве и при этом существенно сократить его сроки и улучшить качество, была представлена в финале конкурса «Русские инновации» в 2008 году и одобрена к применению в дорожном строительстве на рабочем совещании у министра транспорта. Однако пока она нигде не используется: сначала нужно наладить производство модификаторов, а также выпустить соответствующий ГОСТ.

3. Сверхпрочный бетон. Новый материал не уступает броневой стали, что важно для многих объектов специального назначения. Он применялся, например, при восстановлении конструкций космодрома в Плесецке, за которое специалисты были награждены медалями «За верность Родине».

Компания НПО «Синтетика-Строй» в 2005 году устраняла дефекты несущих конструкций здания Госстроя России в Москве (ул. Строителей, 8) и конструкций космодрома в Плесецке (рис. 1). А в 2004 году восстановили фундаменты компрессорной станции Новочеркасского электровозостроительного завода. Завод централизованно снабжается сжатым воздухом от специальной станции с огромными компрессорами.



**Рис. 1.** Космодром Плесецкий

Сейчас разрабатывается материал, характеристики которого должны сочетать достаточную прочность и быстрое схватывание. Подобный материал позволит использовать в строительстве 3D-принтер (рис. 2). Эта технология будет незаменимой в экстренном строительстве (после стихийных бедствий) и в сфере бюджетного жилья. Только представьте: дом (рис. 3) вместе с перегородками, полом, кровлей, необходимыми технологическими полостями и отверстиями создается на строительной площадке специальным принтером. Процессом управляет один оператор при поддержке технолога-строителя. Вот тогда жилье, в самом деле, станет доступным!



**Рис. 2.** 3D-печать в строительстве

Подобные разработки ведутся по всему миру. Например, серию экспериментов провело Европейское космическое агентство при поддержке многих известных фирм (в частности, знаменитого архитектурного бюро Foster and Partners). Цель – построить на Луне космическую базу из местных материалов. Британская фирма Monolite представила принтер D-Shape; он оборудован набором мобильных насадок, установленных на шестиметровую раму и распыляющих связующее вещество на строительный материал, аналогичный песку. «Распечатки» ложатся слой за слоем. Прежде устройство применялось для создания скульптур и искусственных коралловых рифов, защищающих пляжи от морских волн.



**Рис. 3.** Жилой дом, распечатанный 3D-принтером. Пекин

Технология, с помощью которой создана прозрачная поверхность здания Национального центра исполнительских искусств в Пекине, носит красивое название «эффект лотоса». Уникальное строение листьев лотоса позволяет им всегда оставаться чистыми. Подобное им по строению нанопокрытие купола над центром также не подвержено загрязнению; достигается это за счет высокой плотности частиц, не дающих грязи и капелькам воды задерживаться на куполе.

Полупрозрачные нанопокрытия, производимые по шанхайской технологии, имеют способность накапливать солнечную энергию. Такие пленки наносятся на окна домов; придавая им стильный вид и позволяя освещать внутреннее помещение, они в то же время ощутимо снижают расходы на электроэнергию.

Немецкая фирма Vector Foiltec производит конструкции, позволяющие перекрывать большие площади без промежуточных опор. Панели сделаны из энергосберегающих мембран, создающих эффект термоса. В зимнее время в здании, над которым установлен такой купол, сохраняется тепло, а в летнее – не уходит созданная кондиционерами прохлада.

Если накрыть таким куполом Великобритания целый город где-нибудь в Заполярье, система отопления не потребуется. В качестве примеров можно привести объекты, на которых уже использована эта технология: оран-

жереи в ботаническом саду «Эдем» (Великобритания) рис. 4, стадион «Альянс Арена» (Германия) рис. 5, бассейн площадью 100000 кв.м, построенный для Олимпийских игр 2008 года в Пекине.



**Рис. 4.** Ботанический сад «Эдем»



**Рис. 5.** Стадион «Альянс Арена»

Нанотехнологии позволяют восстанавливать аварийные здания, а также проводить их реконструкцию, учитывая дополнительные нагрузки (например, надстройку любого количества этажей). Реконструкция, для проведения которой не требуется отселить жильцов, актуальна, в частности, для сейсмоопасных регионов, например для Сочи, где многоэтажные здания почти во всей центральной части города не отвечают требованиям сейсмостойкости. А возможность надстраивать здания позволяет инвесторам экономить на стоимости земли, поскольку затраты на увеличение этажности сопоставимы со стоимостью нулевого цикла.

Другие нанотехнологии в строительстве позволяют укреплять и стабилизировать самые сложные и проблематичные грунты в основаниях зданий. На российском рынке эти решения представлены фирмой PowerCem Union Lda. Технологии особенно актуальны для водонасыщенных грунтов, поскольку постоянно текущие коммуникации, разрушающие структуру основания зданий, – серьезная проблема городской среды. Стабилизация грунта применяется также в 90% работ на аварийных объектах.

Каждый проект реконструкции уникален и требует индивидуального подхода. Необходимо сохранять старые строения. Дальнейшее развитие отраслей требует от материалов новых качеств. Эти свойства можно получить,



модифицируя характеристики материалов на наноуровне. Нанотехнологии позволяют менять свойства уже используемых материалов и создавать новые – с комбинированными, неизвестными ранее характеристиками.

#### Библиографический список

1. Журнал «Генеральный директор» [Электронный ресурс]. – М.: Режим доступа: <http://www.gd.ru>, свободный
2. Сайт о нанотехнологиях [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.nanonewsnet.ru>, свободный
3. Строительный портал. Клуб и форум строителей [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.baugum.ru>, свободный.

### **ОБЗОР ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА КРУПНЫХ ГОРОДОВ**

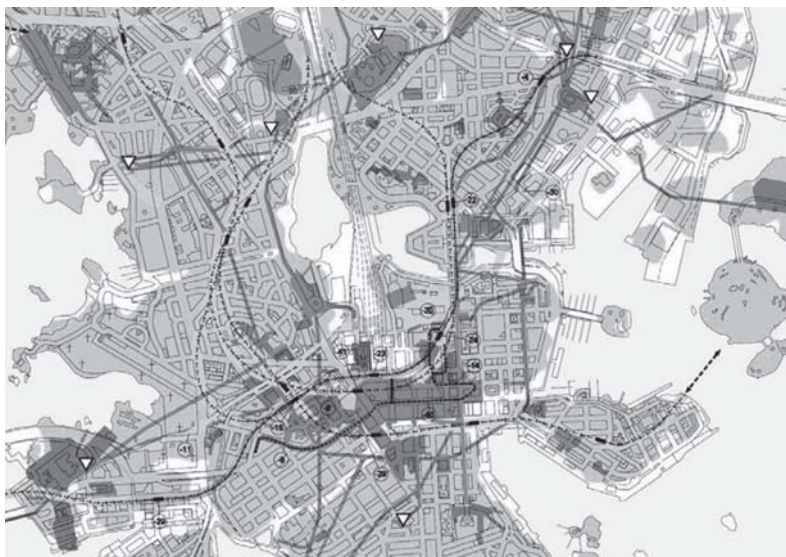
*Новиков В.Ю., магистрант 1-го курса 8 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Касьянов В.Ф., проф., д.т.н.*

Использование подземного пространства в крупных городах позволяют решить большое количество сложных задач. Однако, ввиду индивидуальных геологических условий, условий застройки и планировки, использование опыта конкретного города, не всегда применимо для другого. Что говорит о целесообразности изучения причин возникновения, примеров и условий решения тех или иных задач.

Для тщательного исследования иностранного опыта необходимо обратиться к странам, имеющим достаточный опыт в использовании подземного пространств. К числу ведущих стран по использованию подземного пространства городов относятся: Финляндия, Франция, Германия, Великобритания, Канада, Япония. На территории этих стран реализован ряд крупных подземных городских проектов и продолжается работа по разработке новых.

В Финляндии на территории города Хельсинки, уже отсутствуют многие промышленные объекты и часть транспортной инфраструктуры. Именно Хельсинки стал первым городом в мире, разработавшим комплексный план освоения подземного пространства, представленный на рис. 1.

В виду ограниченности территории и северного холодного климата стало целесообразным использование подземного пространства, объем которого позволяет расширить территорию в глубину, а температурные особенности подземных сооружений позволяют сократить затраты на отопление. Кроме того, перенос технических и транспортных сооружений позволил не только сократить затраты на эксплуатацию, но и улучшить экологическое состояние города. Комплексное освоение подземного пространства в Финляндии обусловлено благоприятными геологическими условиями, которые представлены твёрдыми скальными породами, благодаря чему строительство ведется буровзрывным методом с последующей отделкой набрызг-бетоном.



**Рис. 1.** Мастер план развития Хельсинки, Финляндия, 2014 г

Кроме Хельсинки на территории страны реализован еще один крупный проект в городе Оулу. В виду своего расположения проект получил название «Каменное сердце», он расположен под центральной частью города. Администрацией города было принято решение о закрытии центральной части города для автомобилей и перенос транспортной сети под землю. Для реализации проекта были привлечены как государственные инвестиции, так и инвестиции частных компаний, что является примером государственно частного партнёрства для удовлетворения нужд города. В результате строительства проекта город получил большой подземный паркинг на 900 машиномест, одновременно являющийся бомбоубежищем для 3000 человек. Так же, реализация проекта позволила не только снизить повышенный трафик в центре города, но и улучшить экологическое состояние города. План проекта представлен на рис. 2.

Франция также активно развивает и осваивает подземное пространство, однако имея на это свои причины. Для ее столицы, Парижа, вопрос с нехваткой пространства сложился давно, и выходом из ситуации могло стать только освоение подземной части города. Имея большую и плотную историческую застройку на поверхности и известняковые породы под поверхностью, освоение подземного пространства стало целесообразным решением. Яркими проектами, реализующими идею освоение подземного пространства, стали музей Лувр и транспортно-пересадочный узел Ле-Аль. Оба сооружения занимают большую площадь и расположены в плотной исторической застройке. Через каждое из них проходит большое количество посетителей, но их разделяет функциональное назначение.

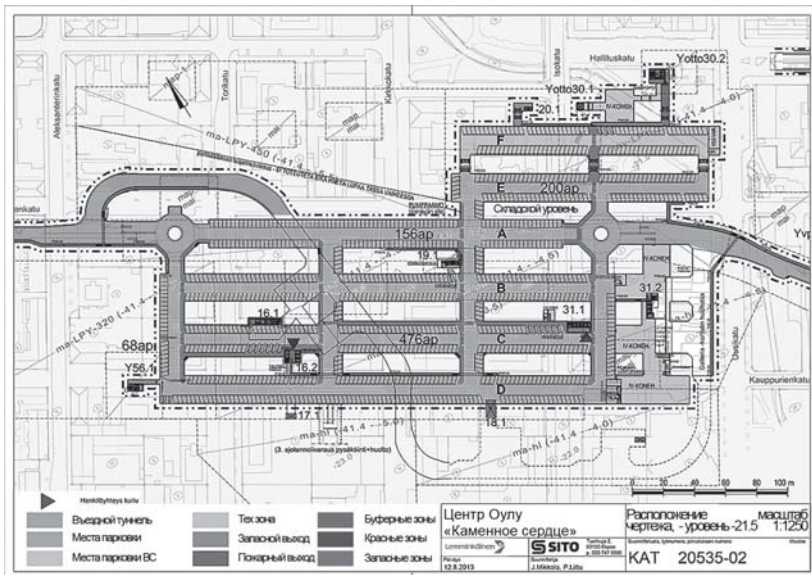


Рис. 2. План проекта «Каменное сердце», Оулу, Финляндия, 2014 г

Ле-Аль является самой крупной транспортно-пересадочной станцией Европы, пропускающая способность которой 750 тыс. чел. в год. Станция занимает площадь 57 тыс. м<sup>2</sup>. Эскиз проекта представлен на рис. 3.

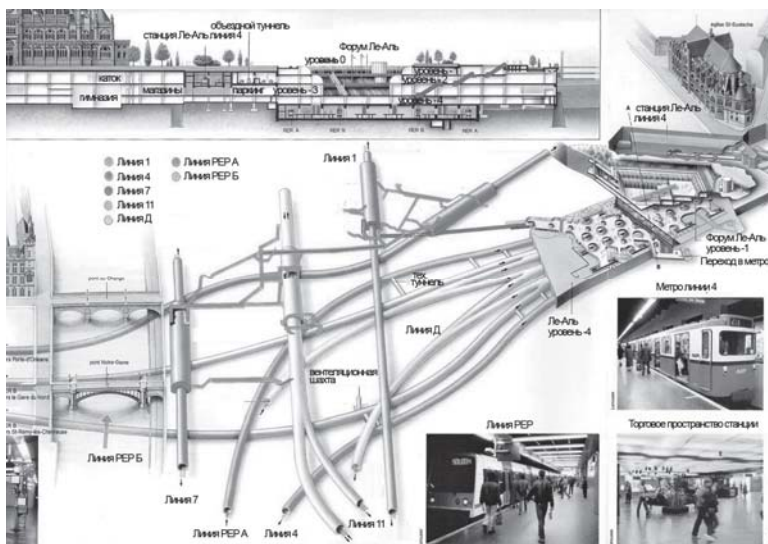


Рис. 3. Эскиз проекта Ле-Аль, Париж, Франция, 2015 г

На поверхности станции расположена парковая зона отдыха, а под поверхностью крупный торговый центр через который проходят 5 линий метрополитена и 3 линии междугороднего сообщения. Для центральной части Парижа - это один из самых масштабных проектов, строительство которого позволило снять нагрузку с наземной транспортной системы и перераспределить ее через подземную транспортную сеть.

Из-за геологических условий строительства Лувр как и Ле-Аль строился открытым методом, что в большей степени повлияло на планировку сооружений. Лувр является третьим по величине подземным музеем мира. Объект занимает площадь 106 тыс. м<sup>2</sup> и соединяется с несколькими наземными историческими сооружениями. Он, являясь сложным технологическим сооружением и одним из самых известных в мире.

На протяжении длительного времени Германия активно развивала технологии подземного строительства, по большей части для военных целей. Однако, в результате наработанной технологической базы на территории крупных городов страны появились уникальные подземные сооружения. Одним из таких сооружений является главный вокзал Берлина, разрез которого представлен на рис. 4.

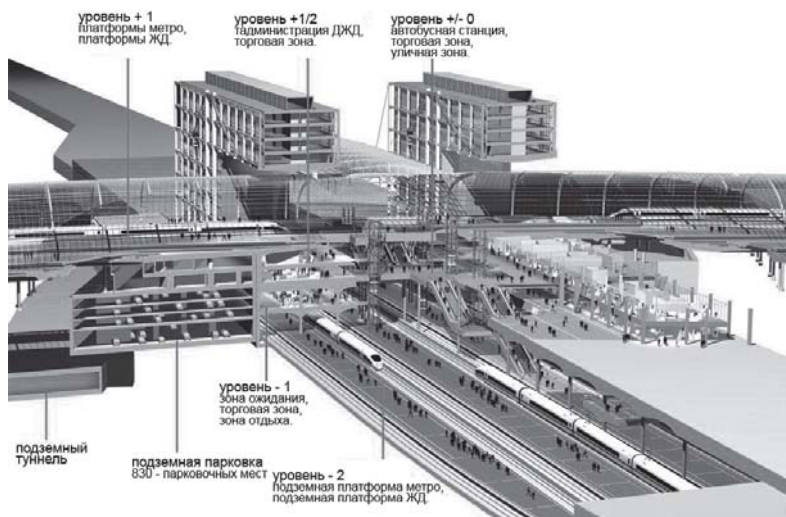


Рис. 4. Разрез главного вокзала Берлина, Германия, 2013 г

Одновременно являясь крупным транспортным узлом Германии и Европы, он выполняет роль торгового центра с подземным паркингом и подземным объездным путеводом для автомобильного транспорта. Проект реализован в сложных геологических условиях, так как, водонасыщенные грунты Берлина, представленные мелкозернистыми песками.

Еще одним крупным подземным проектом в Германии является, проект автомагистрали «Зеленая крыша» в Гамбурге, рис. 5.

Крупная автотранспортная магистраль А7, проходящая через всю Германию и связывающая Австрию с Данией, проходит через центральную часть Гамбурга. В результате развития центральной части города, автомагистраль перестала вписываться в колорит города и определила ряд экологических проблем. В виду важного экономического значения и невозможности переноса за пределы города, руководством города было принято решение о реконструкции автомагистрали и переноса ее под землю. После реализации проекта город получит 25 гектар зеленого пространства над поверхностью автомагистрали и разрешит транспортные проблемы города. План реализации проекта предусматривает ввод в действие автомагистрали в 2024 году.



**Рис. 5.** Проект автомагистрали «Зеленая крыша», Гамбург, Германия, 2015 г

Схожий подход к разрешению экологических и транспортных проблем применяется в Великобритании. На территории Лондона ввиду плотной городской застройки и повышенной загруженности автотранспортной системы, для сообщения исторической части города и экономического центра с основными инфраструктурными объектами было принято решение о строительстве новой транспортной системы «Crossrail». Этот проект за счет глубокого заложения туннелей позволит решить транспортные проблемы города путем объединения пригородных электропоездов с метрополитеном. Введение новой системы позволит увеличить пассажиропоток железнодорожных линий на 10%. Протяженность первого участка линии составит 136 км, который будет открыт в 2018 году.

Наряду с Великобританией подземное сообщение экономических центров города развивается и в Канаде. В Торонто построен крупный подземный комплекс «Path», являющийся самым большим в мире подземным тор-

говым комплексом. Площадь объекта составляет 370 тыс. м<sup>2</sup>, расположенных на 12 уровнях. С помощью «Path» можно попасть в любой небоскреб города, и спуститься в метро. Технологические особенности комплекса позволяют практически полностью переносить жизнь с поверхности города под нее, что зачастую и происходит в холодное время года. План подземного центра «Path» представлен на рис. 6.



**Рис. 6.** Фото подземного центра «Path», Торонто, Канада, 2012 г.

Безусловно, темпы освоения подземного пространства городов иностранными государствами обусловлены сложными задачами, возникающими на их территории. Однако, комплексный анализ позволяет сделать вывод, что для освоения подземного пространства крупных городов необходимы: соответствующая технологическая база, нормативно правовая база, экономическая агломерация, и комплексная программа, отвечающая целям генерального плана развития города. Иностраный опыт в освоении подземного пространства может быть очень полезным и помочь в решении проблем многих крупных городов, в том числе и в России.

#### Библиографический список

1. Сайт Подземный эксперт [Электронный ресурс]. – М.: ООО Подземный эксперт, – Режим доступа: <http://www.undergroundexpert.ru/>, свободный.
2. Сайт Главного вокзала Берлина [Электронный ресурс]. – М.: AG Deutsche Bahn, – Режим доступа: <http://www.bahnhof.de/>, свободный.
3. Сайт интернет журнала виладж [Электронный ресурс]. – М.: AG Deutsche Bahn, – Режим доступа: <http://www.the-village.ru/>, свободный.

## ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ БЕЛЬЕПРОВОДА

*Демуцкая Ю.А., студентка 3-го курса 4 группы ИИЭСМ*

*Научный руководитель – Орлов Е.В., доц., к.т.н.*

Бельепровод – это устройство, предназначенное для удаления грязного белья из здания в бельеприемную камеру или напрямую в прачечную, если она запроектирована на первом этаже. Система бельепровода хорошо себя зарекомендовала в таких зданиях как гостиница, санаторий, дом отдыха, больница. Бельепровод по своей конструкции имеет очень много общего с мусоропроводом и является его эволюционным развитием, но, несмотря на это, имеет и некоторые свои особенности.

Бельепровод состоит из следующих основных элементов, описанных ниже.

Ствол бельепровода, проходящий вертикально через все здание, состоит из отдельных элементов, соединенных между собой в раструб и скрепленных болтовым соединением и имеет в большинстве случаев круглую форму. Диаметр ствола может колебаться от 450 до 1000 мм в зависимости от типа и объема белья, требующего удаления из здания. Материал изготовления ствола в большинстве случаев – нержавеющая сталь. Толщина колеблется от 1,2 до 3,0 мм. Внутренняя поверхность ствола бельепровода подвергается зачистке и полировке практически до зеркального блеска, т.к. даже маленькие заусенцы могут привести к повреждению белья, падающего по стволу.

Загрузочные люки имеют размер 600×500 мм и предназначены для приема грязного белья, а также его сброса в ствол бельепровода. Они должны в обязательном порядке иметь уплотнение и запорный замок. Запорное устройство бельепровода настоятельно рекомендуется автоматизировать. Это необходимо для обеспечения безопасности обслуживающего персонала, т.к. загрузочный люк представляет собой обыкновенную дверцу достаточно больших размеров без каких-либо загрузочных клапанов (в отличие от мусоропровода), в которую вполне может провалиться человек и получить серьезные травмы, учитывая также большой диаметр ствола бельепровода. Также для предотвращения опасности получения травм от сброшенного в то же самое время белья с верхних этажей устанавливают электронный замок, который будет блокировать запорное устройство и препятствовать открыванию загрузочного люка в том случае, если вдруг какая-нибудь из дверей бельепровода на других этажах будет открыта. Немаловажным будет установка специального доводчика, закрывающего загрузочный люк через определенный временной интервал.

Вентиляционный узел предназначен для вентилирования ствола бельепровода и бельеприемной камеры. Он представляет собой продолжение ствола бельепровода в виде трубы, выходящей на крышу здания на высоту не менее 0,5 м. В бельепроводе применяется вытяжная вентиляция, при расчете ее производительности учитывается объем ствола бельепровода и

бельеприемной камеры. Для усиления вентиляции в теплый период времени возможно использование вентилятора.

Для автоматической ликвидации очага возгорания в стволе бельепровода в верхней его части устанавливают спринклер. Несмотря на то, что возгорания в стволе бельепровода маловероятно, т.к. сбором белья занимаются специальный обслуживающий персонал здания, возможный вариант диверсии исключить все-таки нельзя [1-5].

Для очистки и дезинфекции внутренней поверхности ствола бельепровода, особенно в больницах, необходимо устанавливать специальное очистное устройство. Аналогичное устройство устанавливают на ствол в шкафу со специальным оборудованием и на мусоропроводе (рис. 1).



**Рис. 1.** Один из вариантов очистного устройство бельепровода

Бельеприемная камера размещается непосредственно под стволом бельепровода и может совмещаться с прачечной. По правилам она должна иметь размеры не менее 3×3 м, что позволяет удобно производить сортировку белья, а также осуществлять его временное хранение. Бельеприемная камера имеет самостоятельный выход на улицу и отделена от остального помещения противопожарными перегородками. Для проведения уборки в камере устанавливают внутренней водопровод с горячей и холодной водой, а также трап для отвода загрязненных стоков, соединенный с системой внутренней канализации. Для поддержания положительной температуры используются отопительные приборы.

В нижней части ствола бельепровода в самой бельеприемной камере устанавливают огнеотсекающую заслонку. В рабочем положении она открыта. При появлении возгорания она автоматически перекрывает отверстие ствола бельепровода, предотвращая распространения огня и дыма в ствол. Перекрытие осуществляется за счет срабатывания термозамка при повышении температуры в бельеприемной камере выше 72 °С. Также целесообразным будет установка в бельеприемной камере датчиков пожарной сигнализации, а также дренажной системы пожаротушения.



Бельепроводы размещают в технической зоне гостиниц, больниц и т.д., поэтому специального решения по шумоизоляции, как это происходит при монтаже мусоропроводов (обкладка кирпичем с заполнением керамзитобетонной смесью и т.д.), не требуется.

В нашей стране строительство бельепроводов в гостиницах, санаториях, больницах и т.д. происходит очень редко. Это связано с тем, что в настоящее время отсутствуют какие-либо СНиПы по проектированию и возведению таких сооружений. Поэтому приходится, в большинстве случаев, обращаться к зарубежным специалистам из Германии, Великобритании, США, имеющим опыт строительства бельепроводов. К тому же заказчик очень часто идет на экономию средств, отказываясь от строительства бельепровода, заставляя обслуживающий персонал использовать грузовые и пассажирские лифты для перевозки грязного белья. Более того, при строительстве бельепроводов диаметром от 800 до 1000 мм архитекторам и проектировщикам приходится сталкиваться с определенными проблемами. Первым требуется разместить данный тип конструкции на небольшой площади, а вторым необходимо обеспечить прочность строительных конструкций междуэтажных перекрытий.

В небольших жилых частных домах зарубежных стран, таких как США, имеются реализованные технические решения по строительству простых бельепроводов. Они представляют собой небольшую вертикально расположенную прямоугольную шахту, заканчивающуюся наверху (как правило, на последнем этаже, где находятся спальни) обычным горизонтально расположенным люком на защелке, куда сбрасывается грязное белье. Самая нижняя часть находится на первом этаже и походит на встроенный шкаф с дверцами, откуда извлекается белье, и обычно расположена в санузле рядом со стиральной машиной. Такое решение оправдывает себя с гигиенической точки зрения при большом количестве проживающих в доме. Это позволяет без проблем собирать и складировать все грязное белье от всех жителей дома в одном месте и сразу отправлять его на стирку.

#### Библиографический список

1. Антонов А.А., Бойков В.В., Шилкин Н.В. Опыт проектирования бельепроводов в гостиницах Москвы // АВОК. 2006. № 7. С. 66-74.
2. Кедров В.С., Исаев В.Н., Орлов В.А., Пальгунов П.П., Сомов М.А., Чухин В.А.. Водоснабжение и водоотведение: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 2002. – 335 с.
3. Федоровская Т.Г., Викулина В.Б., Нечитаева В.А., Маслова О.Я. Водоснабжение и водоотведение жилой застройки. М.: Издательство АСВ. 2013. 144 с.
4. Жмаков Г.Н. Эксплуатация оборудования и систем водоснабжения и водоотведения. М.: Издательство Инфра-М. 2005.
5. Орлов В.А., Квитка Л.А. Водоснабжение. М. Издательский дом Инфра-М. 2015. 443 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ КРУПНОГО ГОРОДА (РОССИЙСКИЙ ОПЫТ)

*Солнцева А.А., студентка 4-го курса 31 группы ИИЭСМ*

*Научный руководитель – Чернышева О.И., старший преподаватель*

Современный уровень урбанизации, быстрый темп развития городов влечет за собой такую проблему, как острая нехватка территорий. Это усложняет создание комфортных условий для жизни горожан. Решением данной проблемы является комплексное освоение подземного пространства.

Существуют подземные сооружения различного назначения. Условно их можно разделить на три группы:

- транспортная инфраструктура (автомобильные и железнодорожные тоннели, развязки, паркинги, автовокзалы, транспортно-пересадочные узлы);
- инженерная инфраструктура (системы водоснабжения и водоотведения, кабели различного назначения, трансформаторные подстанции, котельные, объекты промышленного назначения);
- социальная инфраструктура (торговые, административные, спортивные сооружения, культурные и развлекательные зоны, производство, предприятия службы быта, склады и холодильники).

Сегодня в крупных городах России особенно остро встает вопрос парковки. Неуклонно растет число личного транспорта, а парковочных зон для него критически не хватает. Поэтому строительство подземных паркингов стало одним из важнейших элементов городской инфраструктуры. Уже имеется ряд реализованных проектов и объектов, находящихся на стадии строительства и проектирования.

Проект многофункционального комплекса «Башни Беринга» в Санкт-Петербурге (рис. 1).



**Рис. 1.** МФК «Башни Беринга»  
г. Санкт-Петербург, Василеостровский район, ул. Беринга, 29

Данный проект предполагает 13-этажный гостиничный комплекс с офисными и коммерческими помещениями. Ранее на месте застройки находилось здание отдела милиции послевоенной постройки. Работы на объекте начались в 2005 году, однако в 2008 объект был заморожен в связи с экономическим кризисом. В 2015 году подрядчики вновь вернулись на площадку. Площадь подземного пространства – 9281,34 кв.м. и подземный паркинг на 180 машиномест.

Проект жилого комплекса «Крестовский De Lux» (рис. 2) состоит из десяти шестизэтажных корпусов, объединенных одноуровневой подземной стоянкой. Высота подземного пространства около 3 метров. Количество машиномест на подземной парковке – 626 шт. Площадь подземной автостоянки – 23 570 кв.м. Предусмотрен прямой доступ с парковки на лифте в холлы корпусов. Территория застройки сформирована из нескольких участков, на которых располагались тир, теннисные корты и ресторан, относившиеся к ансамблю спорткомплекса «Динамо». Объект планируется сдать в эксплуатацию в августе 2017 года.



**Рис. 2.** Жилой комплекс «Крестовский De Lux», г. Санкт-Петербург, Петроградский район, пр. Динамо, 44

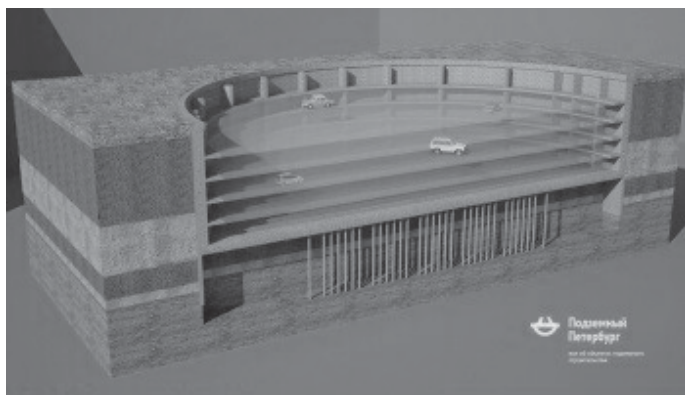
Строительство жилого комплекса «Остров» (рис. 3), расположенного на Петровском острове в Санкт-Петербурге, началось в 2015 году. Более сорока лет на этом месте располагалось здание гардинно-кружевной фабрики. В 2012 году участок выкупило ЗАО «Строительный трест» под цели современного строительства.

Многоквартирный жилой дом в плане похож на прямоугольник с большим количеством выступающих элементов. Планировочная схема дома – секционная: 10 секций переменной этажности. Для удобства жильцов под жилым комплексом запланирована двухуровневая автостоянка на 380 машиномест, обеспечивающая более 90% квартир парковочным местом.

Торгово-развлекательный комплекс «Атмосфера» (рис. 4) представляет собой уникальное сооружение. В плане здание торгового комплекса имеет круглую форму с наружным диаметром 78 м. Площадь размещаемых помещений на каждом этаже составляет более 4,2 тысяч кв.м.



**Рис. 3.** Жилой комплекс «Ostrov», г. Санкт-Петербург, Петроградский район, Петровский пр., 5



**Рис. 4.** Торгово-развлекательный комплекс «Атмосфера», г. Санкт-Петербург, Приморский район, Комендантская пл., д.1

Попасть в комплекс можно непосредственно из вестибюля станции метро «Комендантский проспект».

В целом комплекс имеет 6-тиэтажную надземную часть и 5 заглубленных этажей. Примечательно, что суммарная высота подземной части сооружения составляет почти 20 м.

Для посетителей, имеющих личный автотранспорт, предусмотрен единственный в своем роде паркинг, который занимает 4 нижних уровня подземного пространства. Высота каждого уровня составляет 3,04 м. Высота верхнего этажа всей подземной части (цокольный этаж) составляет 5,12 м. Каждый уровень вмещает более 100 автомобилей. Суммарно на территории комплекса возможно размещение около 450 единиц транспорта. Подъем из паркинга на торговые и развлекательные этажи комплекса осуществляется при помощи лифтов. Данный объект был сдан в эксплуатацию в 2008 году.

Торговый комплекс «У Красного моста» (рис. 5) возведен на месте исторической застройки начала XX века в Санкт-Петербурге. Наиболее архитектурно значимым объектом среди этого ансамбля зданий является дом, угол которого венчает башня со шпилем. До революции в нем располагался торговый дом «С. Эсдерс и К. Схейфальс», который впоследствии был реконструирован в швейную «ФОСП». Она располагалась там до недавнего времени, пока не было принято решение вернуть зданиям первоначальное назначение. Было предусмотрено полное воссоздание исторических фасадов и интерьеров зданий, уникальных художественных деталей: светового фонаря и шпиля угловой башни, утраченных в 30-е годы прошлого века. Угловая башня была воссоздана в первоначальном своем облике, но при этом приобрела двухуровневое эксплуатируемое пространство.



**Рис. 5.** Многофункциональный комплекс «У Красного моста», Адмиралтейский район, Набережная реки Мойки, д. 73-79

Жилой комплекс «Циолковский» в Екатеринбурге (рис. 6) – кирпичный 19-этажный дом с подземной парковкой и офисами на первом этаже.

В состав жилого комплекса включены трёхуровневый подземный паркинг, охраняемая придомовая территория с благоустроенными детскими и хозяйственными площадками, аптеки и магазины на первом этаже с отдельными входными группами и управляющая компания в доме. Объект был сдан в эксплуатацию в 2015 году.



**Рис. 6.** Жилой комплекс «Циолковский», г. Екатеринбург, район Автовокзал, ул. Циолковского, 57

Жилой комплекс «Петр I»(рис. 7) в Екатеринбурге. Общая площадь жилого комплекса «Петр-1» составляет почти 14000 кв.м. Первый этаж будет полностью отводиться под нежилые помещения. На двухуровневой подземной парковке 171 машиноместо.



**Рис. 7.** Жилой комплекс «Петр I», г. Екатеринбург, ул. Белинского

Потребность в подземном строительстве с годами все увеличивается. Главной целью подземного строительства является формирование комфортной жилой среды в крупной городской агломерации за счет создания многофункционального подземного пространства.

Помимо этого освоение подземного пространства способствует увеличению пропускной способности городских улиц за счет размещения в подземном пространстве паркингов и транспортных развязок и улучшению экологической ситуации.

Подземное строительство необходимо развивать в крупных городах с высокой стоимостью земли и плотной застройкой.

Степень освоения подземного пространства во многом характеризует уровень развития города. Интенсивность освоения подземного пространства зависит от многих факторов, одним из решающих является характер ландшафта и геологических и геологических условий территории города.

Подземная урбанизация интенсивно развивается во всем мире. Однако в отличие от зарубежных стран, где доля подземных сооружений составляет 20-25% от общей площади вводимых объектов, в России эта цифра не достигает и 10%. Основной причиной, сдерживающей развитие подземного строительства в России, является его высокая стоимость и, как следствие, недостаточное финансирование данных проектов.

#### Библиографический список

1. Архитектурно-эстетическая организация подземного пространства/ Центр науч.-техн. информ. по гражд. стр-ву и архитектуре; Сост. В. М. Матвеевков. -М., 1988.-24 е.: ил. (Обществ, здания: Обзор, информ.; Вып.22).
2. Голицинский Д. М. Использование подземного пространства для решения транспортных проблем больших городов (на примере Санкт-Петербурга) // Подземные пространства мира. 1998 .- № 1.
3. Кабакова С.И. Социально-экономические проблемы использования подземного пространства/ Науч.-исслед. ин-т экономики стр-ва. -М.: Стройиздат., 1984
4. Шутов И.А., научная работа. Электронная библиотека [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.dissercat.com/>, свободный.
5. Сайт «Подземный Петербург» [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://underspb.ru/builds/>, свободный.
6. Сайт строительного управления «Урал-развитие» [Электронный ресурс]. – ООО Урал-развитие, – Режим доступа: <http://ural-razvitie.ru/>, свободный.
7. Сайт Конструкторского бюро ВиПС [Электронный ресурс]. – М.: ОАО КБ ВиПС, – Режим доступа: <http://kbvips.ru/>, свободный.
8. Сайт агентства недвижимости «Ярмарка» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kb-yarmarka.ru/>, свободный.
9. Сайт «Подземный эксперт» [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.undergroundexpert.info/>, свободный.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА НА ПРИМЕРЕ МОСКВЫ

*Шевякова Ю.В., магистрант 1-го курса 8 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Касьянов В.Ф., проф., д.т.н.*

В настоящее время одной из наиболее актуальных проблем современного города является дефицит свободных городских территорий. В первую очередь эта проблема присуща мегаполисам нашей страны, а именно Москве и Санкт-Петербургу. Мегаполис в отличие от других городов ограничен в стремлении увеличения своей площади за счет свободных пригородных территорий. Одним из основных методов решения этой непростой задачи в настоящее время является **использование подземного пространства**. Под **комплексным использованием подземного пространства** понимают всесторонний учет взаимовлияния и взаимосвязей всех структурных элементов, которые определяют функционирование мегаполиса в целом. Подземное пространство включает в себя ряд сооружений: подземные транспортные сооружения, размещение промышленных предприятий и предприятий обслуживания населения, подземные городские сети, сооружения инженерного оборудования и специального назначения. Успешное решение проблемы комплексного освоения подземного пространства возможно при условии комплексного подхода, который позволит проектировать кооперированные друг с другом сооружения, что впоследствии позволит построить увязанную градостроительную подземную систему, которая органически впишется в геозоологическую среду и будет увязана с архитектурно-планировочной и транспортной инфраструктурой города Москвы.

Комплексный подход включает в себя следующее:

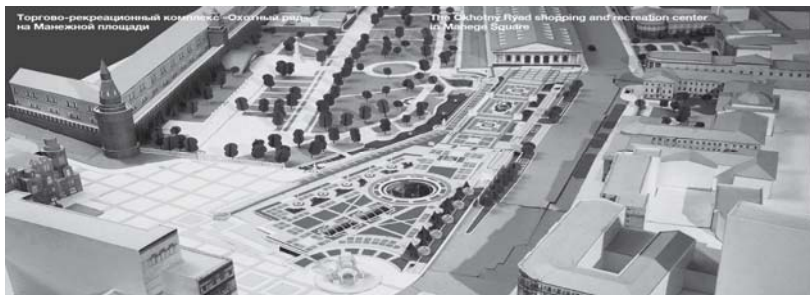
- торговые комплексы;
- тоннельные переходы;
- подземные гаражи и паркинги;
- зрелищные и спортивные мероприятия;
- подземные пешеходные переходы.

Примером использования подземного пространства является торгово-рекреационный комплекс на Манежной площади (ТРК «Охотный Ряд»), который представлен на рис. 1. Комплекс относится к многоцелевым подземным сооружениям и располагается в древнейшей части Москвы на стесненных и сложных гидрогеологических условиях. Проектные решения рассчитывались с учетом снижения шума и вибрации от метрополитена и автомобильного транспорта [1].

Основой современного города является улично-дорожная сеть, непосредственно взаимосвязанная с проблемами использования и освоения подземного пространства. Особую роль в вопросах усовершенствования транспортной системы играют автомобильные транспортные тоннели. Многие транспортные пересечения магистралей в Москве в разных уровнях решены с использованием тоннелей. Тем самым эти пересечения упо-



рядочивают условия движения городского транспорта. Одним из примеров является Лефортовский тоннель, который приведен на рис. 2.



**Рис. 1.** Подземный комплекс «Охотный Ряд»

Тоннель проходит под заповедной исторической зоной «Лефортовская слобода» и рекой Яуза, позволяя организовать трёхполосное движение автомобильного транспорта. Является тоннелем глубокого заложения протяженностью 3,2 км [2].



**Рис. 2.** Лефортовский тоннель

Москва является городом со стремительно развивающейся транспортной системой. В связи с этим непосредственно связана еще одна градостроительная проблема – организации постоянного и временного хранения автомобильного транспорта. Проблему парковочных мест в мегаполисе частично можно решить путем строительства жилых и административных зданий с развитой подземной частью. Построены подземные гаражи и стоянки на Ленинском, Ленинградском проспекте, а так же проспекте Мира, также в составе делового центра «Москва-Сити» [3], приведенный ниже на рис. 3.

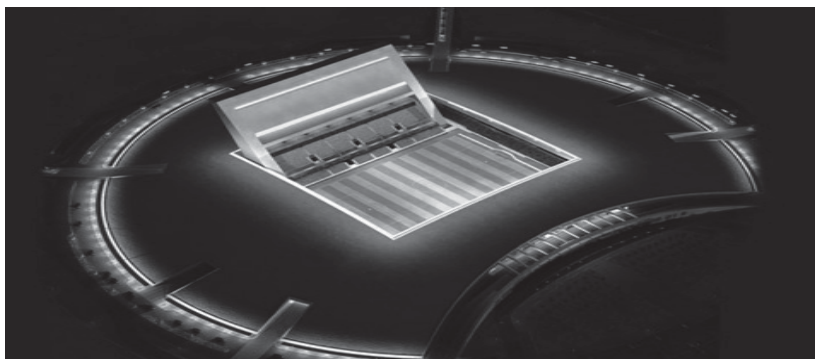
Подавляющее число новых зданий различного предназначения строятся без использования подземного пространства для устройства гаражей и стоянок автомобильного транспорта. Значительная часть наземных гаражей, вводимых в эксплуатацию, так же не имеет подземных этажей.



**Рис. 3.** Паркинг делового центра «Москва-Сити»

Размещение под землей подземных сооружений спортивного и зрелищного типа чаще всего связано с решением задач в области градостроительства и экономики. Под земной поверхностью могут располагаться бассейны, ледовые площадки, беговые дорожки, киноконцертные, игровые и видеозалы и другие сооружения подобного типа. При этом стараются размещать такие сооружения, которые функционируют по 12-14 часов в сутки и их работа не сопровождается длительным пребыванием посетителей или их значительным скоплением.

Примером такого решения является проект подземного стадиона в Катаре, который приведен на рис. 4.



**Рис. 4.** Подземный стадион в Катаре

Одной из важнейших транспортных проблем крупных городов является упорядочение пешеходного движения путем создания для этого специально транспортных путей. Эти мероприятия должны быть изолированы от транспортных средств, быть удобными, доступными для населения и обеспечивающими взаимосвязь со всеми элементами инфраструктуры мегаполиса. Наземные пешеходные переходы, несмотря на все предусмотренные меры, абсолютной безопасности пешеходов не гарантируют. Помимо этого,

проектирование подземных пешеходных переходов благоприятно влияют на скоростной режим, непрерывность движения и уменьшения шума вдоль транспортных магистралей [4]. На рис. 5 изображен подземный пешеходный переход на Ленинском проспекте.



**Рис. 5.** Подземный пешеходный переход

Для комфорта пассажиров принято решение оснастить подземные переходы автоматизированной системой электрообогрева. Такой подземный переход (рис. 6) в скором времени появится на пересечении Проспекта Вернадского и Ломоносовского проспекта. Тем самым позволит ликвидировать наземные переходы и увеличить пропускную способность на этом перекрестке.



**Рис. 6** Строительство подземного пешеходного перехода на пересечении Ломоносовского и проспекта Вернадского с системой электрообогрева

Удачным примером рационального использования подземного пространства в совокупности в отдельном микрорайоне является проект «Велтон Парк» в Хорошево-Мневниках. Проектом подразумевается использовать территорию ниже земной поверхности для создания автомобильных проездов, подземных пешеходных переходов и автостоянок, а также торговых и иных сооружений [5].

Приведенный анализ и обзор существующего положения в сфере комплексного освоения подземного пространства отражает:

1. в настоящее время в подземной части городов располагается значительная часть объектов различного назначения;
2. в большинстве случаев эти постройки удовлетворяют потребностям современного города, освобождая значительные площади городской земли и функционирующие самостоятельно;
3. необходима четко выраженная стратегия комплексного функционирования для выполнения социально-экономических задач;
4. при комплексном использовании подземного пространства необходимо проводить гидроэкологические и геологические изыскания для выполнения данного вида работ;
5. контроль за использованием освобождаемой территории на дневной поверхности в качестве бульваров, скверов, детских площадок и прочих.

#### Библиографический список

1. Теличенко В.И., Зерцалов М.Г., Конюхов Д.С., Королевский К.Ю., Король Е.А. Современные технологии комплексного освоения подземного пространства. – М., 2010.
2. Конюхов Д.С. Использование подземного пространства. – М.: Архитектура-С, 2004.
3. Зерцалов М.Г., Конюхов Д.С., Меркин В.Е. Использование подземного пространства. – М.: АСВ, 2015.
4. Голубев Г.Е. Подземная урбанистика и город. – М.: МИИХС, 2004.
5. Харитонов В.А. Подземные здания и сооружения промышленного и гражданского назначения. – М.: АСВ, 2008.

### ЭКСПЛУАТАЦИЯ СУХИХ ХОЛОДНЫХ МУСОРОПРОВОДОВ В СОВРЕМЕННЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ

*Толстая М.А., студентка 3-го курса 4 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Орлов Е.В., доц., к.т.н.*

Система мусороудаления предназначена для удаления из здания твердых бытовых отходов, образующихся в процессе жизнедеятельности человека [1-8]. В многоэтажном жилом доме система мусороудаления представлена мусоропроводом с загрузочными клапанами на каждом этаже. Мусор, падая по стволу мусоропровода, попадает в контейнер, находящийся в мусоросборной камере на первом этаже или в подвальном помещении. Затем после наполнения мусором контейнер один раз в сутки разгружается обслуживающим персоналом в мусоровоз, который увозит отходы на полигон или свалку.

Даже при такой несложной схеме сбора твердых бытовых отходов система мусороудаления не всегда правильно эксплуатируется [9-15]. Это связано, прежде всего, с некомпетентностью руководства и обслуживающего персонала эксплуатирующих организаций (ДЭЗ, ТСЖ), а также с неграмотностью жильцов. Поэтому ниже предлагается рассмотреть основные ошиб-

ки, возникающие при эксплуатации систем мусороудаления многоэтажных жилых домов.

Очень часто жильцы многоэтажного дома забывают о том, что мусоропровод предназначен для приема небольшого бытового мусора. Многие, затеяв ремонт, начинают использовать мусоропровод для сброса крупногабаритного строительного мусора, что делать категорически запрещается. Дело в том, что загрузочные клапаны специально делаются определенного размера, чтобы препятствовать проникновению в ствол мусоропровода крупных отходов, способных вызвать его засор. Люди этого часто не понимают и кидают туда все, что попало. Было зафиксировано, что часто в ствол выбрасывают подушки, одеяла, ковры и т.д., что категорически запрещено. Такие крупногабаритные ненужные вещи необходимо утилизировать в уличный контейнер, минуя мусоропровод.

При ремонте квартиры рабочие самовольно на время демонтируют загрузочные клапаны, а затем бросают крупногабаритные строительные отходы в мусоропровод. Это в большинстве случаев приводит к засорам в стволе, которые потом приходится ликвидировать обслуживающему персоналу управляющей организации дома.

По правилам на время проведения ремонта в квартире для удаления строительного мусора необходимо использовать уличный контейнер или строительный мусоропровод, при наличии технической возможности и разрешения управляющей организации.

Очень часто обслуживающий персонал эксплуатирующей организации не умеет по правилам ликвидировать засоры в стволе мусоропровода. Сотрудники, которым поручено ликвидировать засор, с помощью лома нарушают целостность ствола мусоропровода, а затем вручную убирают застрявший мусор через выломанное отверстие. Это делать категорически запрещается, т.к. после таких манипуляций ствол мусоропровода теряет герметичность, хорошо заделать отверстия в нем невозможно, поэтому на лестничную клетку начинают проникать вредные газы, пыль и неприятные запахи. Такие «заплатки» на стволах в большинстве случаев будут приводить к дальнейшим засорам в тех же самых местах крупногабаритным мусором, который выкидывается недобросовестными жильцами.

По правилам, для ликвидации засора в стволе необходимо использовать специальное очистное устройство, рекомендованное в соответствии с СП 31-108-2002. «Мусоропроводы жилых и общественных зданий и сооружений». Это устройство стоит денег, к тому же его надо устанавливать на каждый ствол мусоропровода, а вливать дополнительные финансовые затраты никто не хочет.

Другой немаловажной проблемой является появление запахов гниющих отходов из мусоропровода, в которых виноваты частично как сами жильцы, так и эксплуатирующие организации. Также не стоит забывать, что запахи отбросов привлекают насекомых и грызунов. По-хорошему, для удаления органического мусора желательно отказаться от использования мусоропровода. Предпочтительно использовать специальное устройст-

во, хорошо зарекомендовавшее себя за рубежом, а именно измельчитель пищевых отходов (диспоузер). Он должен быть установлен в каждой квартире на выпуске под мойкой. Его принцип работы аналогичен центробежной соковыжималки. В измельчитель кидаются остатки пищи (овощи, фрукты, кожура, кости, скорлупа и т.д.), после дробления в нем отходы смываются водой во внутреннюю канализационную сеть здания. Такой тип удаления органических отходов доказал свое преимущество перед захоронением на свалках и полигонах, что доказано многочисленными публикациями еще начиная со второй половины прошлого века. Для окружающей среды измельчение отходов является наиболее удобным и рациональным способом с целью отделить на начальном этапе отходы, подверженные гниению от твердых бытовых отходов.

По опыту США можно сказать, что при утилизации пищевых отходов в канализацию с помощью измельчителей затрачивается меньше всего средств из городского бюджета, чем при их захоронении на полигонах.

Пищевые отходы состоят преимущественно на 70% из воды, следовательно, канализационные очистные сооружения – это более естественный способ переработки подобных отходов, чем способ сбора отходов и их захоронение. Извлечение подверженных гниению отбросов и отделение их от твердых отходов также уменьшает количество переносчиков болезней, таких как мухи, грызуны, тараканы, которых они привлекают.

К сожалению, измельчитель по своей конструкции не способен измельчать все возможные органические отходы. Например, овощи жилистой структуры, такие как сельдерей, плохо поддаются измельчению. К тому же цена на такое устройство высока и не каждый потребитель готов выложить кругленькую сумму за такой прибор.

В соответствии со СП 31-108-2002 «Мусоропроводы жилых и общественных зданий и сооружений» ствол мусоропровода должен выполняться только из стали, хотя это происходит не всегда. Стволы из бетона и асбестоцемента, широко используемые ранее, имеют недостаток, который заключается в невозможности хорошей промывки и дезинфекции внутренней поверхности таких материалов. Жидкие фракции, падая по стволу, растекаются по его внутренней поверхности и хорошо в нее впитываются. Несмотря на недостатки асбестоцементных труб, они продолжают использоваться и по настоящее время, т.к. стоят дешевле стальных.

Другая проблема – это отсутствие специального моюще-дезинфицирующего устройства, которое устанавливать на каждый мусоропровод просто необходимо. С помощью него можно провести полную санитарную обработку и дезинфекцию от загрязнений внутреннюю поверхность ствола мусоропровода, только при условии, что он изготовлен из стали. Асбестоцементные и бетонные трубы, в которые въедается грязь, дезинфицировать и промывать бесполезно. Отсутствие моюще-дезинфицирующего устройства не является основанием в отказе от очистки внутренней поверхности ствола мусоропровода. Можно заключить соглашение со специальными фирмами, которые будут приезжать с мобильными

вариантами мощных устройств и производить промывку вместе с дезинфекцией. К сожалению, опять все упирается в деньги, которые не хочет тратить эксплуатирующая организация, считая, что это не совсем важно.

Ствол каждого мусоропровода должен хорошо вентилироваться, поэтому он выходит на крышу здания на расстояние примерно 0,5 м. Как правило, используется вытяжная вентиляция, которая хорошо работает только в зимнее время, когда более теплый воздух устремляется в сторону холодного. Летом, когда разница температур внутри и снаружи почти одинакова, вентиляция практически не работает. По-хорошему необходимо использовать вентилятор для создания потоков воздуха, за что должны отвечать эксплуатирующие организации.

Для борьбы с огнем в мусоросборной камере, который может появиться, например, в случае сброса тлеющего окурка сигареты в мусоропровод, используется спринклер. Он устанавливается над контейнером и при превышении температуры в камере заливает очаг возгорания. Такое решение плохо себя зарекомендовало. Это связано с тем, что вначале происходит тление, затем задымление, а потом уже открытое пламя и повышение температуры, когда спринклер приводится в работу. Во время задымления угарный газ, которым можно отравиться, поднимается по стволу вверх за счет тяги и проникает через негерметично закрытые загрузочные клапаны на лестничную клетку. Автор на своем опыте был свидетелем такого происшествия несколько раз и собственноручно тушил очаг возгорания, заливая ведра с водой в ствол мусоропровода, т.к. спринклер на дым не реагировал. Запах дыма ощущался во всем подъезде в течение нескольких дней. Для проветривания помещения приходилось держать открытым все форточки лестничной клетки во всем подъезде, а также входную дверь.

Для того чтобы избежать таких возможных последствий, необходимо наравне со спринклерной системой пожаротушения использовать дренчерную, а также датчики дыма пожарной сигнализации. Это позволит зафиксировать задымление на начальной стадии и принять меры к тушению пожара, включив дренчерную систему вручную и залить очаг тления. Немаловажным будет проведение агитационной политики с вывешиванием объявлений о запрете сбрасывания в ствол мусоропровода непотушенных окурков, а также легко возгораемых предметов (керосин, ацетон, краски и т.д.).

На сегодняшний день основный недостаток мусоропровода, который устранить нельзя, является невозможность организации отдельного сбора мусора. Некоторые разработки с целью решения этой проблемы ведутся, но пока не совсем активно.

В заключении хочется сказать, что соблюдение требуемых правил при работе с мусоропроводом, как жителями дома, так и персоналом обслуживающей организации, а также закупка необходимого оборудования позволит эксплуатировать мусоропровод правильно. Это позволит избежать таких неприятных последствий, как появление насекомых и грызунов, неприятных запахов, а также активно противодействовать возможным возгораниям в системе мусороудаления.

## Библиографический список

1. Бунькина И.А. Пути организации финансирования для оздоровления среды обитания на рекреационных территориях // Естественные и технические науки. 2015. № 3 (81). С. 244-246.
2. Наназашвили И.Х., Литовченко Б.А., Бунькина И.А. Благоустройство и экология в городской среде на территории высокоуплотненной застройки // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2005. № 1. С. 58-59.
3. Кедров В.С., Исаев В.Н., Орлов В.А., Пальгунов П.П., Сомов М.А., Чухин В.А. Водоснабжение и водоотведение: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 2002. – 335 с.
4. Федоровская Т.Г., Викулина В.Б., Нечитаева В.А., Маслова О.Я. Водоснабжение и водоотведение жилой застройки. – М.: Издательство АСВ. 2013. – 144 с.
5. Жмаков Г.Н. Эксплуатация оборудования и систем водоснабжения и водоотведения. – М.: Издательство Инфра-М. 2005.
6. Орлов В.А., Квитка Л.А. Водоснабжение. – М. Издательский дом Инфра-М. 2015. – 443 с.
7. Исаев В.Н., Нечитаева В.А. Энергоресурсосбережение в системах водоснабжения // Водоснабжение и канализация. 2010. № 4. С. 88-91.
8. Орлов Е.В., Мельников Ф.А., Серов А.Е., Аксенова Н.В., Балавас М.Я. Трубопроводы временного назначения. Эксплуатация на строительных площадках для удаления отходов // Техника и технологии мира. 2015. № 2. С. 29-32.
9. Орлов Е.В. Инженерные системы зданий и сооружений. Водоснабжение и водоотведение. – М.: Издательство АСВ. 2015. – 216 с.
10. Кудряшова Г.Н., Орлов Е.В., Балтрунайге О.Ю., Аксёнова Н.В., Балавас М.Я., Ивчатов А.Л. Использование внутреннего водопровода и канализации для обеспечения санитарной надежности систем мусороудаления жилых зданий // Яковлевские чтения. X Научно-техническая конференция, посвященная памяти академика РАН Сергея Васильевича Яковлева. (Москва, МГСУ, 16 марта 2015 г.). Москва, 2015. С. 113-116.
11. Орлов Е.В. Особенности водоснабжения и водоотведения систем мусороудаления зданий // Вестник МГСУ. 2014. № 10. С. 141-146.
12. Орлов Е.В. Экологические и ресурсосберегающие решения при строительстве систем внутреннего водопровода, канализации и мусороудаления в жилых домах эконом-класса // Экология урбанизированных территорий. 2013. № 3. С. 74-79.
13. Орлов Е.В. Системы мусороудаления. Эксплуатация в многоквартирном жилом доме // Технологии мира. 2013. № 4. С. 33-37.
14. Орлов Е.В. Система бельепровода в зданиях. Устройство и принцип работы // Технологии мира. 2013. № 7. С. 37-39.
15. Орлов Е.В. Инженерное оборудование зданий и территорий. – М.: МГСУ, 2012. – 104 с.



СЕКЦИЯ РАЗВИТИЯ ЖИЛИЩНО-  
КОММУНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

## АНАЛИЗ ПРОЕКТА РЕКОНСТРУКЦИИ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА БАЛАШИХИ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Кимьева Е.В., магистрант 1-го курса 7 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Римшин В.И., проф., д.т.н.*

Целью настоящего исследования является изучение и анализ проекта планировки территории одних из ключевых микрорайонов Балашихи № 23 и № 24 разработан в рамках проекта развития и реконструкции восточной части г. Балашихи (23-24 мкр.), расположенной в 7 км от МКАД.

Развитие этой территории предполагает снос 27 пятиэтажных домов постройки 60-х годов XX века и строительство современного комфортного жилья общей площадью более 90 тыс. кв. м. Это монолитно-кирпичные корпуса переменной этажности (10, 17, 23, 25) с 1, 2 и 3-комнатными квартирами, площадью от 38,1 до 79,8 квадратных метров. Жилые дома будут расположены в виде групп, между которыми планируется разместить объекты социального назначения. Дворовые пространства будут располагаться со стороны жилых подъездов, детские, спортивные площадки и площадки для отдыха там же – в пределах дворовой зоны. Размещение домов обеспечивает нормативную инсоляцию помещений. [1] Вокруг всех зданий запроектированы кольцевые проезды шириной не менее 6 метров, вдоль дорог и проездов предусмотрено устройство пешеходных дорожек шириной не менее 1,5 метра. [2]

В южной части микрорайонов № 23 и № 24 вдоль автодороги М-7 «Волга» (шоссе Энтузиастов) будут размещены наземные 5-этажные гаражи-стоянки, а также организован подземный паркинг на 8500 машино-мест. Вдоль проспекта Ленина города Балашихи предусмотрен коммуникационный коридор для прокладки инженерных сетей, обслуживающих здания и сооружения реконструируемых микрорайонов. [3]

Выводы: Планируемые к размещению жилые дома выполнены с учетом особых требований к эстетике города и согласуются с архитектурно-пространственной организацией прилегающих территорий. Проект предусматривает создание инфраструктуры, где учтены потребности как уже проживающих в микрорайонах жителей, так и новоселов. [4] Транспортное обслуживание жителей реконструируемой территории предусматривается за счет прокладки новых маршрутов городского транспорта, связывающих проектируемую застройку с основными культурными, административными и транспортными узлами города. Для обеспечения нормативной пешеходной доступности в пределах проектируемой застройки предусматривается устройство двух остановок городского транспорта.

Запланированные государством, в ближайшие годы, значительные объемы реконструкции жилой застройки, капитального ремонта, санации зданий и сооружений, а так же программы по переселению жителей нашей страны из ветхого и аварийного жилья, ставят своей задачей обеспечение граждан нашей страны комфортабельным жильем и условиями проживания.

Научные разработки и проектные решения в данной области имеют государственную направленность и народно-хозяйственное значение. Вопросы капитального строительства, расчета и усиления строительных конструкций, эксплуатации и обследования зданий и сооружений в реконструируемых территориях рассмотрены в работах [5-16,18-19], а так же их нормативно-правового обеспечения [17-19].

#### Библиографический список

1. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий.
2. СП 4.13130.2013 Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям.
3. Официальный сайт муниципального образования городской округ Балашиха: <http://balashiha.ru/>.
4. Нормативы градостроительного проектирования, утвержденные Правительством Московской области 24.06.2014
5. Бондаренко В.М., Римшин В.И. Остаточный ресурс силового сопротивления поврежденного железобетона. Вестник Отделения строительных наук Российской академии архитектуры и строительных наук. 2005. № 9.
6. Бондаренко В.М., Марков С.В., Римшин В.И. Коррозионные повреждения и ресурс силового сопротивления железобетонных конструкций БСТ: Бюллетень строительной техники. 2004. № 8. С. 26.
7. Бондаренко В.М., Римшин В.И. Примеры расчета железобетонных и каменных конструкций учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Промышленное и гражданское строительство» направления подготовки дипломированных специалистов «Строительство». 2-е изд., доп. – М., 2007.
8. Грязнов М.В., Попова М.В., Власов А.В., Римшин В.И., Марков С.В., Синютин А.В. Основные проблемы эксплуатации крупнопанельных зданий и пути их решения. Естественные и технические науки. 2014. № 9-10 (77). С. 355-357.
9. Касимов В.Р., Сивоконь Ю.В., Римшин В.И., Семенова С.А., Иванов В.В. «Определение оптимальных геометрических параметров стадиона Арена-Днепр. Естественные и технические науки. 2014. № 9-10 (77). С. 361-364.
10. Казачек В.Г. и др. «Обследование и испытание зданий и сооружений» учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Промышленное и гражданское строительство» направления подготовки «Строительство» / под ред. В. И. Римшина. Изд. 4-е, перераб. и доп. – М., 2012.
11. Кустикова Ю.О., Римшин В.И., Шубин Л.И. Практические рекомендации и техникоэкономическое обоснование применения композитной арматуры в железобетонных конструкциях зданий и сооружений Жилищное строительство. 2014. № 7. С. 14-18.

12. Курбатов В.Л., Практическое пособие инженера – строителя, Курбатов В.Л., Римшин В.И. под редакцией В.И. Римшина, Москва, 2012.
13. Курбатов В.Л., Римшин В.И., Шумилова Е.Ю. «Строительно - техническая экспертиза» Минеральные Воды, 2015.
14. Курбатов В.Л., Римшин В.И. «Проектирование и капитальное строительство» Учебное пособие. В 2-х частях / Минеральные Воды, 2014. Том Часть 1
15. Курбатов В.Л., Римшин В.И., Шумилова Е.Ю. «Практическое пособие производителя работ» Белгород, 2013.
16. Матвеева Е.А., Литвинова Ю.В., Римшин В.И., Марков С.В., Морозова О.В., Голубка А.И. О развитии альтернативных источников энерго-снабжения городских территорий Естественные и технические науки. 2014. № 9-10 (77). С. 325-327.
17. Римшин В.И., Греджев В.А. «Основы правового регулирования градостроительной деятельности» Москва, 2015. (2-е издание, переработанное и дополненное)
18. Римшин В.И., Греджев В.А. «Правоведение. Основы законодательства в строительстве» Москва, 2015. Сер. Учебник XXI век. Бакалавр
19. Римшин В.И., Греджев В.А. «Правовое регулирование городской деятельности и жилищное законодательство» Москва, 2013. Сер. Высшее образование (3-е издание, стереотипное)

## СОВРЕМЕННЫЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ СМЕСИ

*Нурбеков Т., магистрант 1 курса 7 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Римшин В.И., проф., д.т.н.*

Асфальтобетон является одним из основных материалов при строительстве дорожной одежды. Как и любой другой материал, асфальтобетон имеет определенный жизненный ресурс, который по сравнению с другими строительными материалами очень не велик. Также на дорожную одежду постоянно воздействуют внешние нагрузки и постоянно увеличивающиеся осевые нагрузки. Вследствие чего, со временем асфальтобетон утрачивает свою расчетно-несущую способность и дорога разрушается. Также наряду с этими проблемами нехватка сырьевых компонентов и дороговизна битумно-вяжущих материалов требуют новых инновационных подходов в разработке современной асфальтобетонной смеси.

Так в современном мире есть много вариантов для получения современной асфальтобетонной смеси, отвечающий всем нормативным требованиям и ГОСТам. Одним из наиболее привлекательных подходов является использование битумно-резиновых компонентов (БРК) в качестве вяжущих для асфальтобетонной смеси. Примечательно, что для приготовления БРК используются резиновые крошки из переработанных автомобильных покрышек. Такие асфальтобетонные смеси ничем не уступают обычным. Более того, срок службы увеличивается на полтора, а то и в два раза, к тому

же битумно-резиновые компоненты очень стойки к температурным изменениям. Важно отметить, что такая безопасная утилизация покрышек, положительно влияет на экологическую ситуацию в Кыргызской Республике.

### Выводы

1. Таким образом, использование вторичных материалов позволит сократить количество затрат на приобретение битумных вяжущих материалов, при этом, не снижая эксплуатационные качества дорог.
2. Для применения таких технологий Кыргызстан обладает достаточной сырьевой базой.
3. Необходимо отметить, что такой подход к решению проблемы благоприятно влияет на экологическую ситуацию в стране.

### Библиографический список

1. Временное руководство по использованию отходов промышленности Киргизии в асфальтобетонных смесях / Абыков Т.У [и др.]. – Фрунзе: КиравтодорКТИ, 1982. – С. 126.
2. Абеков, Т.У. пути уменьшение битумов и улучшение свойств асфальтобетона с использованием промышленных отходов Киргизии / Т. У. Абеков, Сыдыков Т. С // Состояние и перспективы развития технических наук в Киргизии. – Фрунзе: Тез. докл. Респуб. науч. тех. конф 1980. С. 45 – 48.
3. Ласкорин Б.Н. проблемы развития безотходных производств / Громов Б.В., Цыганков А.П., Сенин В.Н. – М.: Стройиздат, 1981. – С. 75-79.
4. Сыдыков Т. С. Исследование использование побочных продуктов промышленности республики при строительстве автомобильных дорог в Киргизии // Сейсмостойкие конструкции здания и сооружений в Киргизии / Фрунзенский политехнический институт. – Фрунзе: Сб. науч. тр, 1990. – 6365.
7. Миитюгин А.В. Новые технологии получения битумно-резиновых композиционных вяжущих / Алексеенко В. В, Жито Р.Г Кияжняев В. Н // Наука и техника в дорожной отрасли, № 1-2010. [Электронный ресурс] URL: <http://bitumen-rubber.com/?brc=17> (дата обращения: 10.03.2016г.)
8. Битумно-резиновые композиты из отработанных автомобильных покрышек. [Электронный ресурс] URL: <http://bitumen-rubber.com> (дата обращения: 10.03.2016г.)

### **ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ ОБЪЕКТОВ**

*Подгорных С.Е., магистрант 1-го курса 8 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Кустикова Ю.О., доц., к.т.н.*

Общую организацию мониторинга технического состояния объектов городской среды проводят для обнаружения объектов, изменение напряженно-деформированного состояния которых, предполагает обследование

их технического состояния. При организации мониторинга на начальном этапе, проходит визуальный осмотр конструктивных элементов с целью приблизительной оценки категории технического состояния объекта, изменяются динамические параметры исследуемых объектов городской среды и составляют паспорт объекта.

Если по результатам приблизительной оценки категория технического состояния объекта не превышает допустимых нормативных значений или имеет работоспособное техническое состояние, то повторные измерения динамических параметров проводят через два года.

Если по результатам приблизительной оценки категория технического состояния объекта превышает допустимые нормативные значения или соответствует аварийному состоянию или если при повторном измерении динамических параметров объекта, результаты измерений различаются более чем на 10%, в таком случае техническое состояние рассматриваемого объекта подлежит обязательному внеплановому обследованию в полном объеме.

По результатам общего мониторинга технического состояния объекта исполнитель составляет заключение по предмету общего мониторинга технического состояния объекта городской среды и заключение о техническом состоянии каждого объекта, по которым был произведен общий мониторинг технического состояния.

В заключении можно сказать, что особую роль мониторинг технического состояния объектов городской среды играет для крупных городов. Так как крупное строительство надземных и подземных объектов наиболее часто проходит в ограниченных условиях центра города, что приводит к ухудшению прочностных свойств грунтов и в свою очередь создает дополнительные нагрузки в уже существующих сооружениях и, следовательно, увеличивает вероятность потери их несущей способности. Таким образом, все эти явления в условиях исчерпания нормативных сроков эксплуатации большого количества объектов недопустимы и требуют в обязательном порядке системных организованных наблюдений. Исходя из этого необходим комплексный подход для своевременного контроля и устранения всевозможных проблем, связанных с техническим состоянием объектов, и особо важную роль в этом процессе играет организация мониторинга технического состояния для оценки и слежения за состоянием объектов городской среды.

#### Библиографический список

1. Айме К.А. Мониторинг зданий и котлованов, ч. 2 // Строительные материалы, оборудование, технологии века, № 11, 2005, С. 37-39.
2. Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в г. Москве МГСН 4.19-2005. М., 2005. - 129 с.
3. ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.

4. Селезнев В.С., Еманов А.Ф., Барышев В.Г., Кузьменко А.П. Способ определения физического состояния зданий и сооружений. Патент РФ 2140625 С1, 17.02.98, Бюлл. № 30, 27.10.99.

5. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений, введенный в действие Федеральным законом Российской Федерации от 30.12.2009 года N 384 – ФЗ

6. Сайт Геодин.ру [Электронный ресурс]. – М.: ООО Геодин, – Режим доступа: <http://www.geodin.ru/>, свободный.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Рамазанов Н.С., магистрант 1-го курса 7 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Кустикова Ю.О., доц., к.т.н.*

Повышение качества и долговечности строительных конструкций и сооружений различного назначения – проблема, требующая комплексного решения. Учитывая, что одним из ведущих параметров обеспечения долговечности железобетонных конструкций является сохранность в них арматуры, замена металлической арматуры на композитные материалы имеет первостепенное значение. С каждым годом композитные материалы становятся дешевле, качественнее, прочней и надежней, благодаря этому, постепенно вытесняют свои устаревшие аналоги и получили такое обширное распространение. Под влиянием данных факторов, в последнее время, композитная арматура становится более популярной и востребованной в дорожном строительстве.

Стеклопластиковая арматура препятствует проседанию дорожного полотна под воздействием автотранспорта. Так же великолепно сказываются антикоррозийные и антимагнитные свойства. Благодаря своим физическим и химическим показателям: прочность, устойчивость к воздействию кислотных и щелочных сред, стеклопластиковая арматура увеличивает долговечность конструкций дорог, мостов. Срок эксплуатации дорожного покрытия значительно увеличивается.

Применение полимерной стеклопластиковой арматуры в дорожном строительстве сокращает расходы на строительство, обслуживание, демонтаж и монтаж прилегающих конструкций. Характеристики композитной арматуры способствуют значительному удешевлению, повышению качества, сроков эксплуатации и простоте монтажа дорожных сооружений.

Области применения:

- дорожные и тротуарные плиты.
- столбы и опоры.
- применение в дорожном полотне.
- укрепление грунта пойменных насыпей, обочин.
- заборные плиты, бордюры, ограждения.
- применение в бетонных железнодорожных шпалах.

Композитная арматура представляет собой стеклопластиковые или базальтопластиковые стержни диаметром от 2,5 до 32 мм, длиной до 12 метров с различным финишным покрытием.



Отличительные характеристики:

- абсолютная коррозионная стойкость (более высокая долговечность).
- наилучшее соотношение веса и усилия на разрыв.
- эффективно решаются проблемы энергоэффективности, безопасности.

Сетка из композитной арматуры представляет собой сетку изготовленную из стеклопластиковых или базальтопластиковых стержней с различным финишным покрытием.



Применяется:

- по земляному полотну для повышения его несущей способности, особенно при повышенной влажности и сезонных изменениях водно-теплового режима
- под слоем основания из крупнофракционных материалов (щебня, гравия), ячеистая структура сеток обеспечивает блокировку с крупнофракционным материалом, ограничивает их вертикальные и горизонтальные перемещения распределяет нагрузку по площади.
- на основаниях дорог из крупнофракционных материалов или цементобетона в качестве трещинопрерывающей прослойки
- между слоями асфальтобетона в покрытиях для повышения долговечности и эксплуатационной надежности



Как раз в последнее время началось активное внедрение композитной арматуры и была принята в Росавтодоре «Программа Федерального дорожного агентства по внедрению композиционных материалов (композитов), конструкций и изделий на 2015-2020 гг.»

В конце 2015 года на заседании Научно-технического совета Росавтодора в г. Санкт-Петербурге были подведены итоги реализации комплексной программы по внедрению композитных материалов:

«Уже сегодня видно, что применение при проектировании и строительстве объектов транспортной инфраструктуры полимерных композитных материалов и конструкций (таких как армирование нежестких дорожных одежд с помощью композитных георешеток, внедрение систем водоотведения с дорожного полотна и мостовых сооружений, изготовление перильных ограждений на основе стеклопластика) способствует росту темпов их применения и предотвращению использования контрафактной продукции на федеральных дорогах страны».

Так что сегодня использование конструкций из композитов стало одним из приоритетных направлений инновационного развития дорожного хозяйства.

#### Библиографический список

1. Сайт градостроительной политики и строительства города Москвы: <http://stroimsk.ru>
2. ГОСТ 31938-2012. Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций.
3. Кустикова Ю.О., Римшин В.И., Шубин Л.И. Практические рекомендации и техникоэкономическое обоснование применения композитной арматуры в железобетонных конструкциях зданий и сооружений // Жилищное строительство.
4. Бондаренко В.М., Марков С.В., Римшин В.И. Коррозионные повреждения и ресурс силового сопротивления железобетонных конструкций // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2004. № 8. С. 26/

## СЕКЦИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

## ВЛИЯНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРЕСС-ФИТИНГОВ НА ОБЩИЕ ПОТЕРИ НАПОРА В ПОЛИМЕРНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ

*Гимазиева Д.Р., студентка 4-го курса 1 группы ИИЭСМ*

*Научный руководитель – Аверкеев И.А., старший преподаватель, к.т.н.*

На сегодняшний день одним из наиболее современных типов труб для строительства внутриквартальных сетей горячего и холодного водоснабжения являются трубопроводы из термостойкого полиэтилена, заключенные в слой из тепловой изоляции.

Такие трубопроводы, как правило, соединяются между собой с помощью специальных соединительных деталей – пресс-фитингов. Для соединения таких труб со стальными участками трубопроводной сети используется специальный пресс-фитинг с втулкой под сварку с одной из его сторон.

Внутренний диаметр таких фитингов в среднем на 25-30% меньше внутреннего диаметра соединяемых ими полимерных труб. Отмечая также крайне низкую величину шероховатости таких труб можно говорить о вероятном существенном влиянии гидравлического сопротивления пресс-фитингов на общие потери напора в полимерных трубопроводных системах.

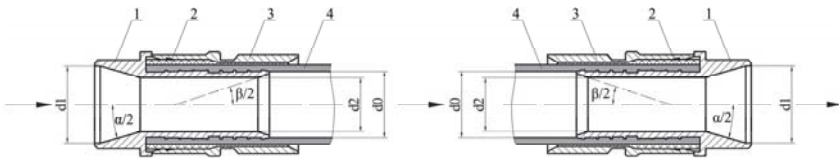
Объектом исследования являлась труба из термостойкого полиэтилена со слоем тепловой изоляции. Труба предназначена для прокладки внутриквартальных трубопроводных сетей горячего и холодного водоснабжения с максимальным рабочим давлением 1 МПа и температурой воды не более 75 градусов Цельсия. Общий вид трубы и пресс-фитинга представлен на рис. 1.



**Рис. 1.** Труба из термостойкого полиэтилена с пресс-фитингом

Особенностью исследуемого пресс-фитинга является наличие специальной полимерной втулки, необходимой для уплотнения соединения. При её применении отсутствует необходимость в предварительном расширении торца трубы, однако при этом проходное сечение фитинга несколько снижается.

Схема исследуемого участка трубопроводной системы представлена на рис. 2.



**Рис. 2.** Схема исследуемого участка трубопроводной системы

В силу того, что данная труба, как правило, поставляется длинномерными отрезками на специальных барабанах, было принято решение: за расчётный участок принять полимерный трубопровод с переменной длиной в диапазоне от 1 до 200 м, с двумя концевыми пресс-фитингами под сварку, которые расположены в начале и конце трубы.

Целью исследования являлась оценка величины гидравлических потерь, привносимых в трубопроводную систему пресс-фитингами и степени их влияния на общие потери напора в системе.

В основе методики определения потерь напора возникающих на пресс-фитингах лежит:

- формула Вейсбаха для определения местных потерь напора:

$$h_{\phi} = \sum \zeta \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}, \text{ М,}$$

- определение общего коэффициента сопротивления на фитингах как суммы коэффициентов сопротивления на фитингах, установленных в начале и конце трубопровода:

$$\sum \zeta = \zeta_{\phi-n} + \zeta_{m-\phi},$$

$\zeta_{\phi-n}$ ,  $\zeta_{m-\phi}$  – коэффициенты сопротивления фитинга в начале и в конце участка трубопровода соответственно.

- представление фитинга как системы «конфузор-диффузор» без учёта его прямолинейной части в силу её незначительной длины (рис. 3):



**Рис. 3.** Система «конфузор-диффузор»

Тогда коэффициент сопротивления фитинга описывается формулой:

$$\zeta = \zeta_{\text{конф.}} + \zeta_{\text{диф.}},$$

где  $\zeta_{\text{конф.}}$ ,  $\zeta_{\text{диф.}}$  – коэффициенты гидравлического сопротивления конфузора и диффузора соответственно.

- определение коэффициентов сопротивления конфузоров и диффузоров на основе формул, представленных Идельчиком [1]:

$$\zeta_{\text{конф.}} = \frac{\lambda_T}{8 \cdot \sin(\alpha/2)} \cdot \left(1 - \frac{1}{n_c^2}\right);$$

$$\zeta_{\text{диф.}} = \frac{\lambda_T}{8 \cdot \sin(\beta/2)} \cdot \left(1 - \frac{1}{n_p^2}\right) + k \cdot \left(1 - \frac{1}{n_p}\right)^2,$$

где  $n_c$  – степень сужения конфузора, определяемая по формуле:

$$n_c = \frac{S_{d1}}{S_{d2}} = \frac{d_1^2}{d_2^2},$$

$n_p$  – степень расширения диффузора, определяемая по формуле:

$$n_p = \frac{S_{d0}}{S_{d2}} = \frac{d_0^2}{d_2^2}.$$

$k$  – коэффициент смягчения,  $k = \sin \alpha$ , при  $5^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$ .

- определение коэффициента гидравлического трения по формулам Альтшуля в зависимости от числа Рейнольдса [2]:

$$\lambda_T = 0,11 \cdot \left(\frac{k_s}{d} + \frac{68}{Re}\right)^{0,25}, \text{ при } 10 \frac{d}{k_s} < Re < 560 \frac{d}{k_s};$$

$$\lambda_T = 0,11 \cdot \left(\frac{k_s}{d}\right)^{0,25}, \text{ при } Re > 560 \frac{d}{k_s}.$$

В основе методики определения потерь напора по длине, возникающих в полимерной трубе положена формула Дарси-Вейсбаха:

$$h_m = \lambda \cdot \frac{L \cdot V^2}{d_0 \cdot 2 \cdot g}, \text{ м.}$$

А также ключевые зависимости методики Добромыслова по определению коэффициента гидравлического трения напорного полимерного трубопровода с учётом его коэффициента эквивалентной шероховатости[3]:

$$\sqrt{\lambda} = \frac{0,5 \cdot \left[ \frac{b}{2} + \frac{1,312 \cdot (2-b) \cdot \lg \left( \frac{3,7d_0}{k_s} \right)}{\lg Re_\phi - 1} \right]}{\lg \left( \frac{3,7d_0}{k_s} \right)},$$

где  $b$  определяем по формуле:

$$b = 1 + \frac{\lg Re_\phi}{\lg Re_{кв}},$$

где  $Re_\phi$  – фактическое число Рейнольдса,  $Re_{кв}$  – число Рейнольдса, соответствующее началу квадратичной области сопротивлений.

В результате проведенных исследований получены данные по суммарным потерям напора на концевых пресс-фитингах и потерям напора на 1 метре полимерной трубы различных типоразмеров. Также было получено отношение потерь напора на фитингах к потерям напора по длине  $h_\phi/h_m$ .

Таблица 1

### Результаты исследований

V, м/с	Типоразмер труб	Потери напора		$h_\phi/h_m$
		на фитингах, $h_\phi, \text{ м}$	на 1 метре трубы, $h_m, \text{ м}$	
1,5	50	0,0403	0,0562	0,71708
	63	0,0297	0,0392	0,75765
	75	0,0334	0,0316	1,05696
	90	0,0310	0,0254	1,22047
	110	0,0286	0,0200	1,43000
	125	0,0244	0,0166	1,46988
	140	0,0211	0,0148	1,42568
	160	0,0226	0,0126	1,79365

По итогам произведенных расчётов для участков трубопровода различной длины, были сформированы графические зависимости, описывающие взаимосвязь данного отношения с длиной участка трубопроводной

системы для различных типоразмеров труб. Полученные зависимости, представленные на рис. 4, позволяют оценить степень влияния гидравлического сопротивления, создаваемого пресс-фитингами на общие потери напора в трубопроводной системе.

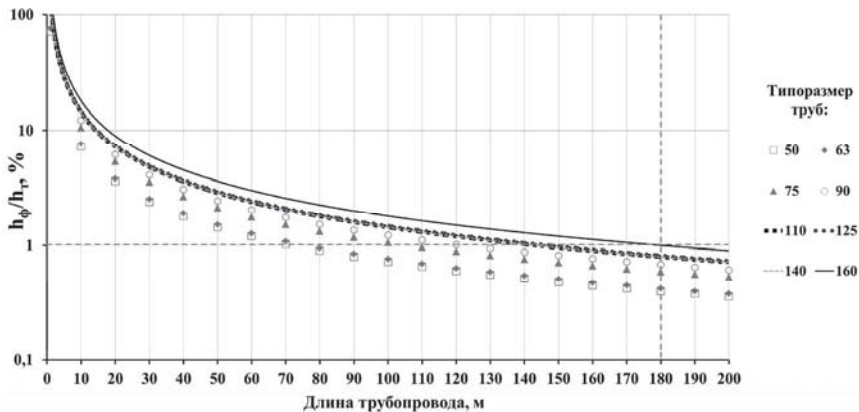


Рис. 4. Графические зависимости, полученные по итогам исследований

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Потери напора на паре концевых пресс-фитингов трубопроводной системы из полимерных труб с повышенной термостойкостью, при средней скорости течения воды 1,5 м/с, не превышают величин, эквивалентных потерям напора на отрезке полимерной трубы длиной 0,7-1,8 м (в зависимости от типоразмера трубы);

2. С увеличением длины трубопроводной системы, доля потерь напора на пресс-фитингах по отношению к потерям напора в трубе, уменьшается;

3. Для участков трубопроводной системы, длиной свыше 180 м потери напора на паре концевых пресс-фитингов, установленных в начале и конце трубопровода, не превышают 1% от величины потерь напора в полимерной трубе.

#### Библиографический список

- Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям – М.: «Машиностроение», 1992, 672 с.;
- Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления – М.: Издательство «Недра», 1982, 224 с.;
- Добромыслов А.Я. Таблицы для гидравлических расчётов трубопроводов из полимерных материалов. Том 1 «Напорные трубопроводы» – М.: ТОО «Издательство ВНИИМП», 2004, 209 с.

## ВОДОСНАБЖЕНИЕ ЕГИПТА

*Гусарова А.А., студентка 3-го курса 31 группы ИИЭСМ*  
*Евтюхов Д.М., студент 2 курса 7 группы ИСА*  
*Научные руководители – Гордеев-Бургвиц М.А., доц., к.т.н.,*  
*Андреанов А.П., доц., к.т.н.*

В данной работе рассматривается комплекс для водоподготовки, действующий в Египте. Основной источник воды Египта – Нил, а также подземные источники и дождевые осадки. Первые резервуары для накопления воды в этой стране были использованы примерно 5000 лет тому назад. Сначала для водоснабжения использовали каналы и рвы, позже египтяне научились изготавливать трубы. Прогресс заключался в построении сооружений подъема воды. Как систему очистки, египтяне использовали песочные дамбы в местах водозабора.

Вода – ценный ресурс для Египта и её цена выше, чем в других странах. В городах до сих пор вода поступает с перебоями. Проблема чистой воды также весьма актуальна, так как водопроводная вода очень загрязнена и поэтому рекомендуется пить только бутилированную воду. Что касается морской воды в Египте, её источники – Красное море и Средиземное море. Красное море – достаточно чистое, благодаря тому, что в него не впадают реки и повышенному содержанию соли.

Египтяне используют опреснение морской воды для обеспечения населения дополнительными объемами этого ресурса.

Рассмотрим *WaterEgypt LLC* (Каир, Египет) – это полностью автоматизированный комплекс подготовки питьевой воды в Шейх Зайд Сити, близ Каира, который состоит из 3 строений [1].

Характеристики комплекса:

- 1) производство 800 литров питьевой воды в секунду;
- 2) очистка и фильтрация воды идет через 10 фильтров (каждый фильтр управляется одним *EmbeddedPC CX1000* (встраиваемый ПК *CX1000*)).

Архитектура и структура управления (каждой из трех частей комплекса):

### ***IPC***

- *EmbeddedPC CX1000* с *PROFIBUS*-интерфейсом;
- Панели управления *CP7831*, *CP7832*;

### ***I/O (ввод/вывод)***

- Ethernet (главная сеть);
- Ethernet-Switch;
- *PROFIBUS-Diagnostic/Controller*;
- *ВК3хх0 ВС3хх0*;
- Bus Terminals (1200 точек ввода-вывода);

### ***Automation***

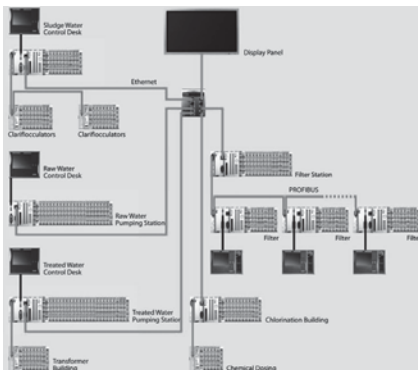
- *TwinCAT PLC*.

Преимущества такой системы:

- надежная производительность комплекса;



- надежная эксплуатация даже при высоких температурах (до 50°C) и высокой влажности;
- промышленный Ethernet позволяет достигать скорость передачи данных в 100 Мбит/с и время реакции менее 10 мсек;
- увеличение производительности с точки зрения качества и количества воды;
- динамический вывод параметров на панель управления в режиме реального времени;
- малые затраты на обслуживание комплекса;
- быстрая адаптация обслуживающего персонала к управлению системой.



В странах Африканского континента для решения проблемы водоснабжения чистой воды высказывались идеи об искусственном расширении Нила. Экологи волнуются, что такой шаг способен навредить окружающей среде, ведь искусственное вмешательство в экосистему может нарушить её. Поэтому необходимы технологии, позволяющие полноценно и экономично использовать доступные ресурсы.

#### Библиографический список

1. Сайт Beckhoff Automation GmbH [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.beckhoffautomation.ru/downloads/referencia/vodoochistka/vodoochistka\\_Egypt\\_1.pdf](http://www.beckhoffautomation.ru/downloads/referencia/vodoochistka/vodoochistka_Egypt_1.pdf).
2. Гордеев-Бургвиц М.А. Математическое описание в обобщенных производных систем управления электроприводами мощных агрегатов в строительных и горных машинах и в системах водоотведения // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2013. Вып. 4(29). URL: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Gordeev-Burgvits-2013\\_4\(29\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Gordeev-Burgvits-2013_4(29).pdf).
3. Гордеев-Бургвиц М.А., Михайлин А.В., Кнут Хартенштейн, Хайко Киршке. Нано - технологические способы и средства для измерения качественных параметров питьевых вод и их обработка в ФРГ на примере области Северно-Рейнская Вестфалия (Nordrhein-Westfalen) и Москвы. // Научно-технический Вестник Поволжья. 2013. № 6. С. 236-238.

4. Гордеев-Бургвиц М.А., Иващенко А.С. Автоматизация осветления воды. // Научное обозрение. 2015. № 24. С. 139-142.

5. Гордеев-Бургвиц М.А. Общая электротехника и электроника: учебное пособие. – М.: НИУ МГСУ, 2015.

6. Попкович Г.С., Гордеев М.А. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения: Учеб.для вузов. – М.: Высш. шк., 1986.

## **ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ**

*Калиниченко Н.В., студент 3-го курса 6 группы ИГЭС*

*Пелевина О.С., студентка 3-го курса 6 группы ИГЭС*

*Научный руководитель – Спицов Д.В., доц., к.т.н.*

Водохранилище является искусственным водоемом, образованным с целью накопления и хранения воды для использования в народном хозяйстве и обеспечения необходимых условий дальнейшего развития многих его отраслей. Для забора воды из водохранилищ используются водозаборные сооружения различных типов.

Водозаборные сооружения бывают четырех основных типов [1]:

*Береговые* расположены на берегу и незначительно вступают в водоем, имеют вид бетонных или железобетонных колодцев больших диаметров с вынесенной фронтальной стенкой в водоем, вода из которого поступает через отверстия, оборудованные решетками и сетками, нужными для осуществления грубой механической очистки воды. Используются на водоемах со сравнительно крутыми берегами.

*Руслловые* конструктивно проектируются в виде оголовка, вынесенного в русло водоема. Из них вода поступает по самотечным или напорным линиям к береговому колодцу. Чаще всего строятся на водоемах, имеющих пологий берег. Встречаются два вида руслловых водозаборных сооружений: затопляемые и незатопляемые (креб), последние имеют большую производительность и требуют больших экономических затрат.

*Плавучие* имеют вид понтона или баржи, внутри которых устанавливаются насосы, забирающие воду прямо из водоема и подающие ее на берег по трубам с подвижными стыками, уложенными на соединительном мостике.

*Ковшовые* сооружаются у берега в виде искусственного залива, называемого ковшом, в который сначала и поступает вода из водоема. В конце ковша размещается водозаборное сооружение. Главная задача ковша предупреждение возможности наносов и ледовых помех.

При эксплуатации водозаборных сооружений важно поддержание бесперебойной подачи воды к потребителю [2]. Это возможно только в случае изначального предупреждения возникновения любых аварийных ситуаций. Основными затруднениями при эксплуатации водозаборных сооружений являются: заиливание, шуголедовые помехи, биологические обрастания и падение рыбы в трубопровод.

Борьбу с заилием водозаборных самотечных труб чаще всего производят их прочисткой. Необходимость их прочистки обуславливается причиной транспортировки по ним неочищенной воды. Так же сразу предупреждается риск появления биологических обрастаний.

Промывку делают следующими способами: 1) механическим (по типу прочистки канализационных коллекторов, т.е. совками, скребками и пр.); 2) гидравлическим: установление повышенной скорости движения воды в водозаборной трубе (на 25-50% превышающая норму).

Наибольшее распространение получил промывной способ, которого есть три вида: 1) прямая промывка [3]: происходит за счет увеличения напора воды в одной работающей линии в следствии отключения другой. Так как насосы продолжают работать в нормальном режиме, растет перепад отметок воды в колодце и в источнике, что вызывает повышение напора воды в рабочей линии и вымывание загрязнений в береговой колодец, откуда эжектор удаляет их; 2) обратная промывка: происходит в следствии подачи воды из насосной станции первого подъема по напорному водоводу в одну из самотечных линий в обратном направлении, одновременно по другой самотечной линии производится прямая промывка; 3) импульсная промывка: происходит за счет давления, образованного в самотечной линии от падающего столба воды в вертикальной трубе, так называемой колонне. Вертикальная колонна расположена в колодце, в начале самотечной линии. Столб воды создается вакуум-насосом при закрытой задвижке на подводящей трубе. После наполнения колонны водой, вакуум-насос отключается и происходит выпуск воздуха через вакуум-насос, что обрушивает столб воды большой скорости в самотечную линию, чем и удаляет наносы.

Мероприятия по предотвращению обмерзания и забивки шугой сорослаивающих преград так же необходимы для бесперебойной работы водозаборного сооружения, основными из которых являются: 1) установление скорости приема воды 0,05 – 0,06 м/с (за счет увеличения водоприемного отверстия или их количества); 2) установление плотов, запаней; 3) обогрев водоприемных решеток; 4) покрытие решеток криофобным материалом (пластмассой, резиной, битумом, эбонитом, каучуком, полиэтиленом, или жидким стеклом); 5) при наличии теплой воды требуемого качества делается ее сброс у водоприемника; 6) очистка решеток; 7) установление пневмозащиты перед зоной водозабора; 8) подача сжатого воздуха в установленные на дне водотока перед фронтом водозабора перфорированных труб.

Для предупреждения биологических обрастаний элементов водозабора применяются следующие способы: 1) подача теплой воды (от 45°C) в продолжение 10 минут, за которые все организмы умирают; 2) промывка труб хлором или купоросом; 3) электрохимический метод прочистки в сочетании с катодной защитой металлических и железобетонных конструкций; 4) окраска труб красками на основе перхлорвинила и этанола, цинковой краской.

В наше время существует множество видов рыбозащитных конструкций, при установке которых необходимо выполнение требований, таких

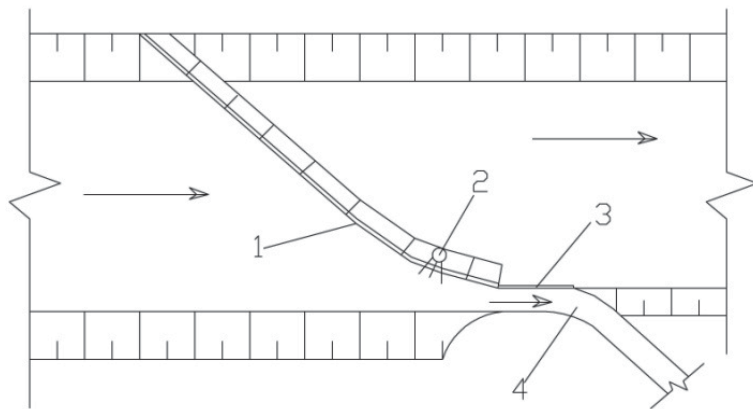
как: 1) эффективность рыбозащитного устройства не должна быть менее 90%; 2) не должно создаваться травмоопасных ситуаций для рыб; 3) должно предупреждать возможность концентрирования большого количества рыбы вблизи водозабора; 4) не должна нарушаться ориентация рыбы; 5) должны быть учтены все особенности поведения вида рыбы, проживающей в данном водоеме.

Существует три вида рыбозащитных устройств:

1) Механический (к нему относятся: плоские сетки, сетчатые конусы, фильтрующие устройства).

*Плоские сетки* конструируются в виде рамы, имеющей два паза, предназначенных для рабочей и ремонтной сеток. Подъем и транспортировка сеток производится с помощью ручной передвижной тали.

*Конусный рыбозаградитель*. Конструкция имеет геометрический вид усеченного конуса. Отвод рыб из данного вида рыбозаградительного устройства производится по специальным рыбоотводящим каналам. Монтируется с условием подачи воды не выше  $10 \text{ м}^3/\text{с}$  непосредственно в береговых колодцах, водоприемниках совмещенных водозаборов или в сооружениях особого назначения на подводящем канале.

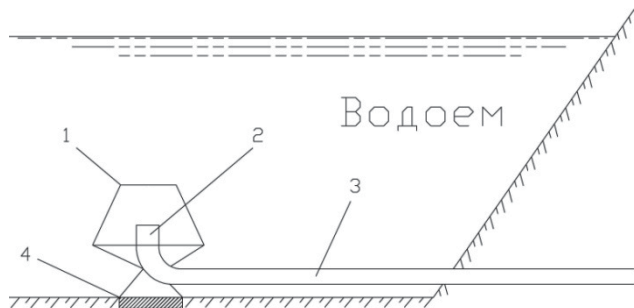


**Рис. 1.** Конусный рыбозаградитель:

1 - вертикальный экран, 2 - промывное устройство, 3 - глухая часть экрана,  
4 - рыбоотвод

*Фильтрующие рыбозащитные сооружения (ФРЗС)* - сооружения, по периметру которых расположена сетка, между сетками расположен заполнитель в виде керамзита, щебня, гравия. Требуется частая прочистка заполнителя.

*Зонтичный рыбозаградитель* предназначен для рыбы-«верховодки», в основном плавающей в верхних слоях воды. Входная труба водозаборного сооружения прикрыта сверху зонтичным оголовком, не дающим рыбе попасть во внутрь установки.



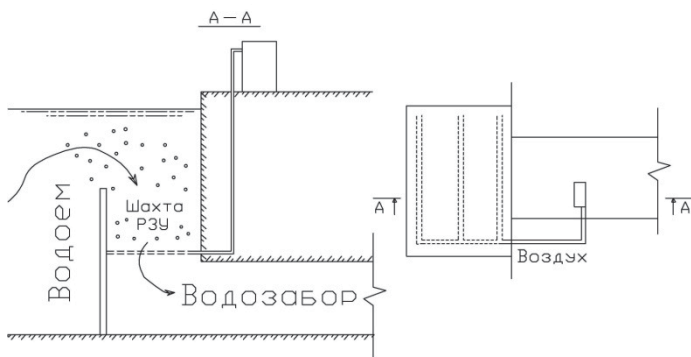
**Рис. 2.** Зонтичный рыбозаградитель:

- 1 - зонтичный оголовок, 2 - оголовок водозаборной трубы, 3 - водозаборная труба, 4 - опорная конструкция

2) Гидравлический (с помощью струенаправляющих устройств создание гидравлических условий изменения направления движения рыбного потока в сторону от водоприемника)

*Рыбозащитный концентратор с вертикальной сепарацией рыб.* Предназначен для установки в водоемах с большим количеством рыбы «верховодки». Расположенные в нижней части лотка-концентратора водозаборные окна, прикрытые наклонными сетками-экранами, предотвращают попадание рыбы в водозабор и уводят ее в рыбоотвод. Отпугивание рыбы от оголовка водозабора происходит за счет движения воды под напором из потокообразователя, расположенного под экраном.

*Сетчатый барабан.* В его конструкции каркас и сетка имеют форму цилиндра. Предназначен для установки на водозаборных сооружениях руслowego затопляемого и плавучего типов при подаче воды до  $2 \text{ м}^3/\text{с}$ .



**Рис. 3.** Пневматическое рыбозащитное сооружение (ПРЗС)

3) Физиологический (создание электрических, световых, звуковых полей и завес из воздушных пузырьков).

*Электрические рыбозащитные сооружения (ЭРЗС).* По электродам, помещенным в воду, пропускается импульсный ток, тем самым отпугивая рыбу. Легкость в использовании, но малая эффективность.

*Пневматические рыбозащитные сооружения (ПРЗС).* Внутри всасывающего канала устанавливают перфорированную трубку, в нее под давлением 3-7 атм. подают сжатый воздух. Трубка расположена таким образом чтобы образованные пузырьки выходили наружу и выносили с собой рыбу.

#### Библиографический список

1. Порядин А.Ф. Устройство и эксплуатация водозаборов. М.: Стройиздат, 1984. 183 с.

2. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84\*(с Изменением N 1).

3. Чебаевский В.Ф., Вишневский К.П., Накладов Н.Н. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок. М.: Колос, 2000. 376 с.

### ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ МАЛОМУТНЫХ ЦВЕТНЫХ ВОД

*Кузнецов К.Н., студент 4-го курса 3 группы ИИЭСМ*

*Пиунков А.В., студент 4-го курса 1 группы ИИЭСМ*

*Говоров В.О., студент 1-го курса 20 группы ИИЭСМ*

*Научный руководитель – Говорова Ж.М., проф., д.т.н.*

Для очистки маломутных цветных вод, качество которых формируется под воздействием антропогенной нагрузки, нашли применение осветлители со слоем взвешенного осадка.

Установлено, что при обработке повышенными дозами коагулянта такой воды, содержащей коллоидную высокоустойчивую взвесь, «вялое» протекание коагуляции приводит к увеличению концентрации остаточного алюминия в очищенной воде. Кроме того, образующийся осадок имеет значительно меньшую плотность по отношению к естественным примесям воды, что вместе с выделяющейся углекислотой не позволяет увеличивать допустимую скорость восходящего потока воды в зоне осветления свыше 0,5-0,6 мм/с. Низкие температуры, как и резкие ее перепады (иногда в течение одних суток) в периоды весеннего половодья и осенних дождей также снижают эффективность очистки воды в слое взвешенного осадка.

Интенсификация работы осветлителей со взвешенным осадком в современной практике водоподготовки достигается следующими основными приемами:

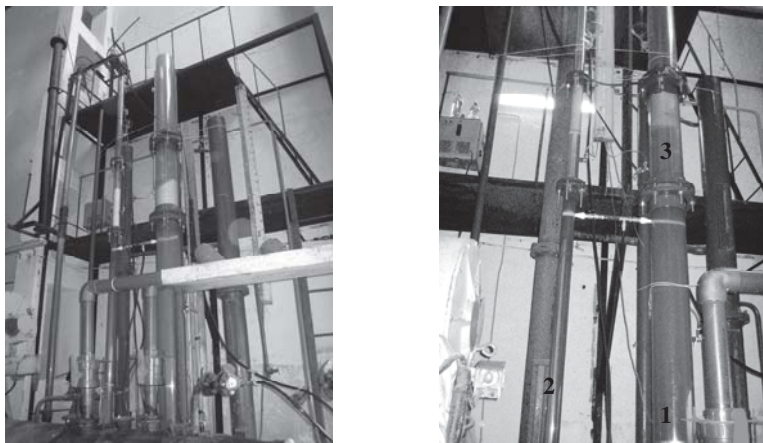
- упрочением структуры и утяжелением хлопьев образующегося осадка за счет применения в смесителях эжекторных устройств и подачи воздуха для отдувки избыточной углекислоты;

- оборудованием каждого осветлителя воздухоотделителем и регулятором скорости восходящего потока; устройством зон смешения воды с реагентами и камер хлопьеобразования непосредственно в корпусе осветлителя;
- рециркуляцией части осадка в зоне функционирования взвешенного слоя;
- устройством в зонах после верхней границы слоя взвешенного осадка тонкослойных модулей;
- добавлением в обрабатываемую воду мелкозернистого песка или сорбента и т.д. [1-3].

Обоснование технологии очистки маломутных цветных вод должно производиться с учетом ряда факторов и на основании исследований, проводимых непосредственно на реальном водисточнике [4].

Исследованиями, выполненными ранее на водах р. Вологды и оз. Кубенское была установлена целесообразность повышения надежности работы осветлителей коридорного типа путем размещения выше зоны взвешенного осадка фильтра с плавающей загрузкой с диаметром гранул пенополистирола 1,5-2,5 мм и толщиной слоя до 0,4-0,5 м [5].

Эффективность работы комбинированного сооружения: осветлитель со взвешенным осадком – фильтр с плавающей загрузкой (ОВО–ФПЗ) изучалась на модельной установке (рис. 1), которая в составе экспериментального стенда была смонтирована в отделении барабанных сеток на водопроводной очистной станции и подключена к трубопроводу речной воды.



**Рис. 1.** Общий вид экспериментального стенда с ОВО–ФПЗ:

1 – рабочая камера осветлителя; 2 – осадкоуплотнитель; 3 – фильтрующая загрузка

Модельная установка состояла из двух вертикальных колонок (рабочей камеры осветлителя со слоем взвешенного осадка и осадкоуплотнителя), соединенных между собой. В верхней части каждой из колонок был устроен фильтр, плавающая пенополистирольная загрузка которого удерживалась от выноса в надфильтровое пространство с помощью сеток.

Речная вода в период весеннего половодья характеризовалась цветностью, которая в течение месяца возрастала с 23 до 112 град., мутностью от 3,68 до 149,6 мг/л и перманганатной окисляемостью – от 6,3 до 17,8 мг/л. Температура постепенно увеличивалась с 0,2 до 6,2 °С (апрель) и к концу мая составляла 14,2 °С. При этом щелочность воды вначале снижалась с 5,7 до 0,76 мг-экв/л (апрель), а затем возрастала до 2,75 мг-экв/л (май).

На модельной установке изучались различные режимы работы ОВО-ФПЗ в зависимости от скорости восходящего потока в слое взвешенного осадка (табл. 1). Коэффициент распределения воды между зоной осветления рабочей камеры и осадкоуплотнителем был принят 0,8.

Дозы коагулянта (сульфата алюминия) и флокулянта (ПАА) принимались по результатам пробного коагулирования.

Таблица 1

### Параметры работы модельной установки

Параметр	Значение			
Скорость восходящего потока воды в слое взвешенного осадка ( $v_B$ ), мм/с	0,4	0,6	0,8	1,0
Скорость фильтрования через слой загрузки:				
в рабочей камере ( $v_{Ф1}$ ), м/ч	1,16	1,73	2,3	2,88
в осадкоуплотнителе ( $v_{Ф2}$ ), м/ч	2,14	3,32	4,42	5,53

При обработке воды с цветностью от 80 до 120 град., температурой 0,2-1,5 °С, постепенным снижением щелочности с 3–4 до 1-0,8 мг-экв/л предпочтительным оказалось совместное использование сернокислого алюминия и оксихлорида алюминия.

Эффективность работы комбинированного сооружения оценивалась по показателям мутности, цветности, перманганатной окисляемости, остаточному алюминию, рН, щелочности и по степени формирования осадка и его структуре. Кроме того, анализировалась динамика роста потерь напора в слое взвешенного осадка и фильтрующих загрузок в каждой из колонок [6].

Как показали результаты исследований при скорости восходящего потока 0,4 мм/с в слое взвешенного осадка высотой 2,5 м на выходе из него средняя за непрерывный цикл работы эффективность обесцвечивания достигала 85 %, осветления по мутности – 22 %, снижения перманганатной окисляемости – 60% при цветности исходной воды до 80 град., перманганатной окисляемости 14,9 мг/л и мутности 21 мг/л. Содержание алюминия в воде после слоя осадка вначале возрастало до 1-1,5 мг/л, а затем после прохождения через слой фильтрующей загрузки снижалось до 0,6-0,25 мг/л. Слои пенополистирольной загрузки в этих опытах выполняли барьерную функцию по отдельным показателям. Эффективность дополнительной доочистки воды фильтрованием через плавающую загрузку с толщиной слоя 0,4–0,5 м была более выражена по мутности и снижению остаточного алюминия, и менее – по цветности.



При увеличении скорости восходящего потока до 0,8-1 мм/с и цветности исходной воды до 100-108 град, мутности до 58 мг/л и перманганатной окисляемости до 18 мг/л эффективность очистки в слое взвешенного осадка составила по цветности – 71,7%, перманганатной окисляемости – 41,7%.

Содержание остаточного алюминия в слоях загрузки фильтров снижалось на 37-73%. Более низкая эффективность доочистки воды в слое плавающей загрузки, расположенной в осадкоуплотнителе, по сравнению со слоем загрузки в рабочей камере, объясняется увеличением скорости фильтрования на нем в 1,9 раза.

Таким образом, размещение плавающего фильтрующего слоя в верхней части рабочей камеры и осадкоуплотнителя осветлителя позволяет повысить эффект очистки цветных холодных маломутных вод с сохранением требуемой динамики образования и регулирования слоя взвешенного осадка при скоростях восходящего потока в слое взвешенного осадка 0,8-1 мм/с и создать более устойчивые гидродинамические условия функционирования слоя взвешенного осадка в периоды наличия в воде высокоустойчивой взвеси.

#### Библиографический список

1. Кургаев Е.Ф. Осветлители воды. – М.: Стройиздат, 1977, 192 с.
2. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. – Киев: Наукова думка, 1983.
3. Технический справочник по обработке воды DEGREMONT (2-е издание) в 2-х томах. / Под ред. М. И. Алексеева, В. Г. Иванова, А. М. Курганова, Г. П. Медведева, Б. Г. Мишукова, Ю. А. Феофанова, Л. И. Цветкова, Н. А. Черникова. – СПб.: Новый журнал, 2007.
4. Журба М.Г., Приемышев Ю.Р., Говорова Ж.М., Лебедева Е.А. Очистка природных вод, содержащих антропогенные примеси. Практическое пособие. – Вологда: ВоГТУ, 1998, 104 с.
5. Говорова Ж.М., Журба М.Г. Обоснование водоочистных технологий и их инвестирования. Научное издание. – М., 2012, 176 с.
6. Журба М.Г., Говорова Ж.М., Говоров О.Б., Чекрышов А.В. Интенсификация процессов очистки маломутных цветных вод в осветлителях со взвешенным осадком (часть 2) // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 5. С. 45-54.

### **РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

*Мельников Ф.А., магистрант 1-го курса 4 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Говорова Ж.М., проф., д.т.н.*

Природные воды многих регионов земного шара часто характеризуются повышенным содержанием железа. В поверхностных водах железо обычно встречается в виде органических и минеральных комплексных со-

единений, либо коллоидных или тонкодисперсных взвесей. Преобладающей формой существования железа в подземных водах является бикарбонат железа (II), который устойчив только при значительных количествах углекислоты и отсутствии растворённого кислорода. Наряду с этим железо встречается в виде сульфида, карбоната и сульфата железа (II).

Повышенное содержание железа придаёт воде буроватую окраску, неприятный металлический привкус, вызывает зарастание водопроводных сетей и водоразборной арматуры, является причиной брака в текстильной, пищевой, бумажной, химической и других отраслях промышленности и оказывает негативное действие на здоровье населения [1].

Многообразие форм и концентраций железа, встречающихся в природных водах, обуславливает множество методов обезжелезивания воды. Все методы деферризации подразделяются на реагентные и безреагентные, каждый из которых имеет ограниченную область применения.

Представляют интерес безреагентные методы, обладающие рядом преимуществ. Наличие в воде углекислого газа, сероводорода, а также азота аммонийного снижает эффективность обезжелезивания воды и ограничивает область применения безреагентных методов обезжелезивания и деманганации [2]. В связи с этим на первом этапе обработки подземной воды требуется предварительное удаление растворенных газов и насыщение воды кислородом воздуха.

Применение для аэрации воды эжекции или подачи сжатого воздуха с использованием компрессоров в напорный трубопровод исходной воды, струйной аэрации в контактных градирнях с последующим фильтрованием через слои тяжелой загрузки требует включения в технологические схемы очистки перед фильтрами с тяжелой загрузкой промежуточных контактных бассейнов, устройства насосных станций подкачки и компрессорного оборудования. Для промывки тяжелой фильтрующей загрузки, используемой в осветлительных фильтрах, необходимы промывные насосы с комплектующими и наличие дополнительного количества воды в РЧВ на промывку, что в целом приводит к значительным затратам электроэнергии и увеличению себестоимости очистки воды.

Альтернативной ресурсосберегающей технологией является технология, где на первой ступени применяются биореакторы со струйной вакуумной эжекцией (БСВЭ) и контактной загрузкой, а на второй – фильтры с плавающей загрузкой ФПЗ-1 [3, 4].

Преимуществом такой технологии, является то, что в биореакторе одновременно протекают процессы отдувки углекислого газа и сероводорода, интенсивной аэрации, а также биологического окисления соединений железа [5]. Принцип биологического обезжелезивания заключается в том, что многочисленные бактерии благодаря вырабатываемым ферментам биологически окисляют двухвалентное железо, при этом обеспечивается высокая скорость процесса. Кроме того, повышается грязеёмкость фильтрующей загрузки, обеспечивается экономичный режим промывки и упрощённая обработка осадка.

Для определения технологических параметров работы сооружений в составе технологической схемы были проведены исследования на подземной воде Подольско-Мячковского водоносного горизонта в городе Жуковский [3, 4].

В период исследований вода, поступающая на модельную установку характеризовалась неприятным привкусом и сероводородным запахом интенсивностью 2-3 балла, содержанием в воде углекислого газа (59,2-75,4 мг/л), повышенным содержанием железа (6,6-7,4 мг/л) и марганца (0,09-0,45 мг/л), температура воды составляла 10-11°C, водородный показатель изменялся от 7,02 до 7,14, а окислительно-восстановительный потенциал от -22,3 до -16,7 мВ. Очищенная вода на выходе из установки соответствовала требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01.

Положительные результаты исследований позволили применить данную технологию на реальных промышленных объектах.

Нами была проанализирована работа действующей станции обезжелезивания (рис. 1) после реконструкции по выше рассмотренной технологии.



**Рис. 1.** Общий вид станции обезжелезивания

На станции производительностью 10,0 тыс.м<sup>3</sup>/сут были установлены два биореактора диаметром 3 м и высотой 8,1 м. Фильтры располагались в 2 технологические линии по четыре закрытых фильтра диаметром 2,6 и высотой 3,35 м. Скорость фильтрования на биореакторах не превышала 25 м/ч, фильтрах – 6-8 м/ч. Напор на входе в станцию составлял не менее 15 м вод.ст.

В табл. 1 приведены данные по эффективности процесса обезжелезивания и деманганации по ступеням очистки, которые свидетельствуют о надежной и достаточно высокой степени очистки воды по удаляемым ингредиентам в течение фильтроцикла.

Периодичность промывки загрузки биореакторов и фильтров в зависимости от качества исходной воды и гидравлической нагрузки составляла от 3 до 7 суток и от 24 до 48 часов соответственно.

## Эффективность обезжелезивания и деманганации подземной воды (2015 г.)

Дата отбора проб	Концентрация железа общего, мг/л		
	исходная вода	очищенная вода	
		биореакторы БР1-2	фильтры ФПЗ-1.1-1.4
январь	3,64-4,84	0,2-1,46	0,02-0,12
февраль	2,82-4,36	0,1-2,1	0,02-0,08
март	3,01-5,28	0,11-1,18	0,03-0,17
апрель	1,83-4,31	0,12-1,53	0,04-0,09
май	2,68-5,71	0,14-2,12	0,05-0,11
	Концентрация марганца, мг/л		
январь	0,27-0,39	0,27-0,3	0,001-0,025
февраль	0,21-0,3	0,2-0,26	0,012-0,062
март	0,32-0,33	0,24-0,31	0-0,062
апрель	0,25-0,37	0,2-0,28	0-0,005
май	0,36-0,39	0,32-0,34	0,006-0,012

Исследования, проведенные в лаборатории кафедры водоснабжения МГСУ с использованием методов сканирующей электронной микроскопии (Quanta 250 FEI) и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии показали, что в осадке промывных вод биореактора и фильтра преобладали железо (37,43 и 41,81%) и кислород (43,47 и 38,71%), присутствовали углерод (7,65 и 7,22%), азот (1,59 и 1,32%) и фосфор (3,18 и 3,05%).

Микроскопический анализ осадков, выделенных из промывных вод промышленного биореактора и фильтра, подтвердил наличие железобактерий преимущественно нитчатых *Liptothrix ochracea* и стебельковых типа *Gallionella* (рис. 2 а, б), которые интенсивно развиваются в толще загрузки и принимают активное участие в процессах окисления соединений растворенных форм железа [5, 6].

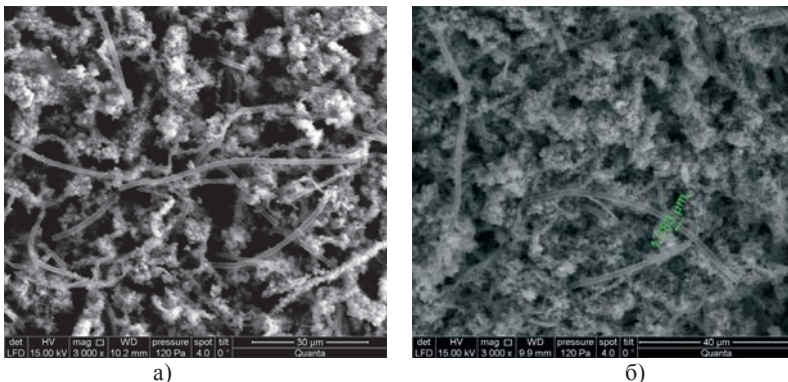


Рис. 2. Микрофотографии осадка промывной воды биореактора (а) и фильтра (б)

В заключение необходимо отметить, что ресурсосберегающая технология с использованием БСВЭ и ФПЗ-1, внедренная на объектах ЖКХ в ряде областей РФ [3], позволяет:

- решать задачу совместного удаления из воды одновременно присутствующих в ней железа, марганца, сероводорода, углекислого газа и азота аммонийного и расширить область применения безреагентных технологий;
- использовать самотечное движение воды по всему технологическому тракту – от биореакторов до резервуара чистой воды;
- повысить надежность процесса очистки за счет применения двух ступеней сооружений;
- сократить объём промывных вод;
- отказаться от промывных насосов и дополнительного объёма чистой воды в РЧВ на промывку фильтров ФПЗ;
- отказаться от насосов подкачки и компрессорного оборудования;
- сократить транспортные затраты на доставку фильтрующей загрузки в 12-15 раз за счет применения плавающей фильтрующей загрузки;
- снизить на 30-40% эксплуатационные и на 10-15% капитальные затраты по сравнению с известными методами аэрации и фильтрования через загрузки, имеющие плотность больше плотности воды;
- при реконструкции действующих ВНС максимально использовать существующие здания и коммуникации, а также корпуса сооружений.

#### Библиографический список

1. Золотова Е.Ф., Асс Г.Ю. Очистка воды от железа, марганца, фтора и сероводорода. – М., Стройиздат, 1975. 176 с.
2. Николадзе Г.И. Улучшение качества подземных вод. – М.: Стройиздат, 1987. 240 с.
3. Журба М.Г., Говоров О.Б., Говорова Ж.М., Квартенко А.Н. Исследование и опыт внедрения инновационных технологий кондиционирования подземных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 9. С. 38-46.
4. Говорова Ж.М., Говоров О.Б. Перспективная технология кондиционирования подземных вод с использованием биореакторов со струйной вакуумной эжекцией и фильтров с плавающей загрузкой // Вода и экология. Проблемы и решения. 2015. № 4. С. 34-43.
5. Муше П., Герасимов Г.Н. Биологическая деферризация воды: обоснование и реализация // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 11. Ч.2. С. 40-47; №12. С. 35-39.
6. Менча М.Н. Железобактерии в системах питьевого водоснабжения из подземных источников // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. № 7. – С.25-35.

## ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ В ВОПРОСАХ БЕСТРАНШЕЙНОГО УДАЛЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ

*Пелипенко А.А., студент 4-го курса 2 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Орлов В.А., проф., д.т.н.*

В последние годы в зарубежной практике стали актуальными вопросы полного удаления из подземного пространства выходящих, по разным причинам, из строя стальных трубопроводов.

Традиционно удаление ветхого трубопровода осуществляется путем открытой выемки. Для этого его выкапывают, разрезают на куски удобной для транспортировки длины, а затем траншея засыпается извлеченной почвой.

В особых ситуациях удаление открытым способом может быть затруднено, а в некоторых случаях не рекомендовано или запрещено.

В данных ситуациях изъятие старых трубопроводов может производиться с использованием технология бестраншейного удаления трубопроводов (ТБУТ), т.е. практически без проведения земляных работ.

Реализация этого метода освобождает собственников трубопроводных сетей от многочисленных налоговых и юридических обязательств.

Технология бестраншейного удаления трубопроводов основывается на гидроструйной резке стенки подземного трубопровода по всей длине удаляемого участка. Благодаря этому труба сохраняет свою несущую способность, но ведет себя как пружина, растягиваясь и сжимаясь при наличии тянущего усилия. Именно этот факт способствует извлечению трубопровода, так как при воздействии внешних усилий меняется площадь поперечного сечения трубопровода, и, соответственно уменьшается площадь контакта стенок трубопровода с почвой.

Аппарат для резки, представляющий собой комбинированный агрегат для осуществления как продольного и кольцевого, так и спирального разрезов, вставляется с торца извлекаемого участка трубопровода. В собранном состоянии представляет собой агрегат, оборудованный четырьмя катками для реализации продольного движения вдоль трубы.

Вращающаяся во время операции режущая головка снабжается специальным соплом, осуществляющим продольный, кольцевой или винтовой разрез изнутри трубопровода.

Положительные результаты рабочих тестов и испытаний подтвердили, что винтовой метод разреза подходит для бестраншейного удаления трубопроводов, как по качественным (непрерывности разреза), так и скоростным (скорость резания оценивается примерно в 20 см / мин) показателям.

После окончания фазы резания наступает фаза извлечения. Для этого необходимо использовать устройство, способное генерировать тяговое усилие и крутящий момент. Установка горизонтально-направленного бурения (УГНБ), подходит для этих целей. Тянущая головка приваривается к трубе и подсоединяется к штангам УГНБ.

Сочетание тягового и вращательного усилий, активирует пружинный эффект, протяженный вдоль трубы, вызывающий ее удлинение. Его действие распространяется по всей длине, уменьшая площадь контакта и, следовательно, трение между трубой и грунтом. Когда сила трения становится меньше, чем тяговое усилие, труба начинает вытягиваться. С помощью УГНБ извлечение трубопровода продолжается, пока он не будет полностью извлечен из почвы.

Для завершения мероприятия необходимо заполнить освободившееся пространство соответствующим материалом. Фаза заполнения может быть совмещена со стадией экстракции, в случае, если не гарантируется стабильность почвы и разведена, в обратном случае.

Кроме этого смысл заполнения - предотвращение потери устойчивости почвы после того, как труба будет извлечена.

Другой простой альтернативой может являться заполнение полости керамзитом или песком. Применяется, когда характеристики почвы гарантируют ее устойчивость и при уровне грунтовых вод ниже уровня укладки трубопровода.

Полученная формула для расчета длины разреза позволяет, задавшись начальными данными, такими как шаг спирали, число витков и радиус трубопровода, найти длину разреза, что в дальнейшем позволит приблизительно рассчитать время резки.

$$L = n \cdot \sqrt{(2\pi r)^2 + p^2}$$

L-общая длина разреза, n-число витков спирали, p-шаг спирали, r-радиус трубопровода.

Технология БУТ была уже опробована с получением положительных результатов. Первое полевое испытание на удаление трубопровода ND диаметром 500 мм, протяженностью около 30 м было проведено в сентябре 2012 года.

Второе испытание было завершено в августе 2013 года, на трубе ND диаметром 550 мм длиной около 50 м, включая резку, последующее извлечение и заполнение пустот.

Результаты данных испытаний представлены в таблице.

Положительные результаты испытаний показали, что выполнение винтового разреза трубы является оптимальным решением для бестраншейного удаления участков трубопровода. С помощью дополнительных данных с мест применения и дальнейшего опыта использования системы, будут оптимизированы все операции с целью сокращения времени и уменьшения стоимости данного метода.

На данный момент, метод БУТ может быть использован для труб диаметром больше или равным 300 мм. Применяется на прямых или изогнутых секциях трубопровода.

Что касается максимальной длины трубопровода, то текущая цель состоит в том, чтобы удалить до 200 м, с помощью извлечения с обоих концов.

## Сводные данные результатов теста

	1-ый тест	2-ой тест
Местонахождение	Кремона (Италия)	Минербио (Италия)
Диаметр	500 мм	550 мм
Длина	30 м	50 м
Материал трубопровода/толщина стенки трубопровода	Углеродистая сталь/ 11,1 мм	Углеродистая сталь/ 10,3 мм
Тип грунта	Илистый песок	Глина
Давление при гидроструйной резке	6000 бар	4000 бар
Шаг разреза	3м	3м
Длина разреза-продолжительность резки	32м – 4часа	45м-5,5 часов
Тяговое усилие-крутящий момент	-	500кН-30кНм
Заполнение	-	Керамзит

Как и все бестраншейные технологии, ТБУТ находится в постоянном развитии, ожидается, что она будет изменяться с течением времени и сможет стать оптимальным решением для извлечения более длинных трубопроводов, при этом обеспечивая безопасность в конкретных условиях и предоставляя возможность извлечения трубопроводов в тех ситуациях, когда существует запрет на подземное захоронение трубопроводов.

## Библиографический список

1. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. Реконструкция трубопроводных систем. – Москва, АСВ, 2008.

2. Frassinelli A., Furlani B. Trenchless Pipeline Removal (TPR) // NO-DIG 2013, Sydney (Australia) [Доклад на 33 Международной конференции по бестраншейным технологиям, 28-30 сентября 2015, Стамбул, Турция], Режим доступа: [www.nodigistanbul.com](http://www.nodigistanbul.com), Дата обращения 19.11.2015

### ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВЕТХИХ УЧАСТКОВ ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ СЕРОГО ЧУГУНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ GRAY-BUSTER LINING

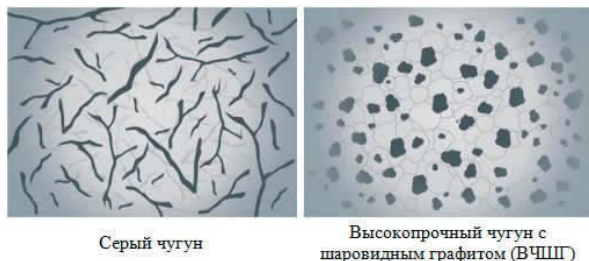
*Прокопьева А.И., студентка 4-го курса 1 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Орлов В.А., проф., д.т.н.*

Чугунные трубопроводы широко применяются в системах водоснабжения и водоотведения. Их преимущество, по сравнению с трубами из других материалов, заключается в повышенной долговечности и большой кор-



розионной стойкости. Однако при этом их главным недостатком является высокая хрупкость. При наличии просадок грунта велика вероятность появления трещин и незначительных расхождений в стыках отдельных труб, что приводит к утечкам.

В последние десятилетия в зарубежной практике как альтернатива трубам из серого чугуна применяются трубы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ), которые по прочности близки к стальным трубам (рис. 1).



Серый чугун

Высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ВЧШГ)

**Рис. 1.** Структура серого чугуна и ВЧШГ

Замена ветхих участков трубопроводов из серого чугуна на трубы из ВЧШГ является отличным вариантом для длинных участков сети. Но при замене небольших участков гораздо выгоднее будет воспользоваться бестраншейными методами реновации трубопроводов, которые помогут избежать затрат на земляные работы, доставку труб, и т.д. В частности, методом Grey-Buster Lining, разработанным японскими специалистами.

Сущность метода сводится к нанесению послойно на внутреннюю поверхность ветхой трубы защитного покрытия в виде органической полиуретановой смолы, которая при полимеризации может образовывать высокопрочную оболочку (рис. 2). Сопровождающие метод земляные работы будут состоять только в раскопке стартового и финишного прямков.



**Рис. 2.** Принципиальная схема реализации метода бестраншейной реновации трубопровода из серого чугуна

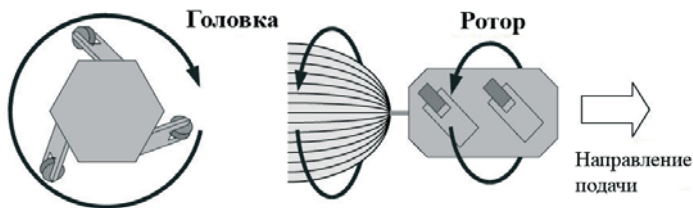
Восстановление трубопровода можно произвести в течение 2-х дней. В первый день производятся пробные раскопки в целях контроля состояния восстанавливаемой трубы и близлежащих коммуникаций, с помощью телевизионной техники проверяется внутреннее состояние трубы и после получения информации о состоянии труб и наличии дефектов проверяется, подходят ли данные погодные условия или нет, и где необходимо удалить части трубопровода, которые сдерживают процедуру прокладки.

На второй день выполняют процесс распыления смолы. Предварительно осуществляют работы согласно следующему регламенту: выкапывают приямки в местах, выбранных по результатам теледиагностики; ремонтный участок перекрывают запорной арматурой и в трубу подают азот для её очистки от скопившихся гадов и проверки герметичности системы; с помощью скребок и металлических щеток удаляют пыль и ржавчину с внутренней поверхности трубы (рис. 3); наносят грунтовку (в виде органического растворителя) для повышения адгезии между внутренней поверхностью трубы и слоем полиуретана; наносят полиуретановую смолу.



**Рис. 3.** Очистка внутренней поверхности трубы от загрязнений с помощью скребок

Для гарантии равномерного нанесения грунтовки на внутреннюю поверхность трубопровода на переднюю часть головки распылителя устанавливается ротор, оснащенный зубцами с колесами в трех направлениях, и установленный так, что при движении внутри трубы он вращается автоматически без использования какого-либо электрического оборудования (рис. 4).



**Рис. 4.** Ротор. Вид со стороны торца трубы (слева) и вдоль трубы (справа)

По завершению процесса грунтовки производится втягивание порожнего шланга подачи смолы из стартового приямка в финишный с помощью специального устройства для подачи шланга и лебёдки (рис. 5). Затем в

финишном колодце происходит прикрепление вращающейся головки к шлангу с одновременным его наполнением смолой и обратным ходом наносится покрытие. Причем второй слой наносится после изменения направления вращения головки. Это обеспечивает перекрытие «мертвого угла», образуемого выступающими частями внутри трубопровода (рис. 6).

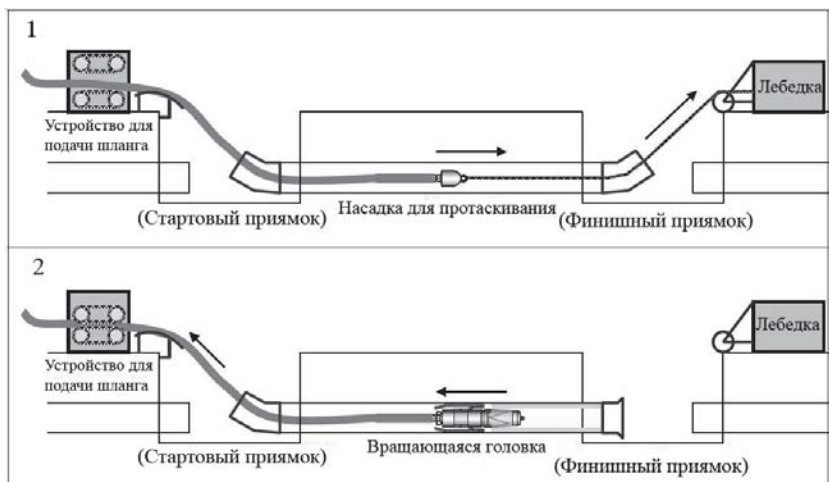


Рис. 5. Иллюстрация процессов протаскивания шланга (1) и нанесения защитного слоя смолы (2)

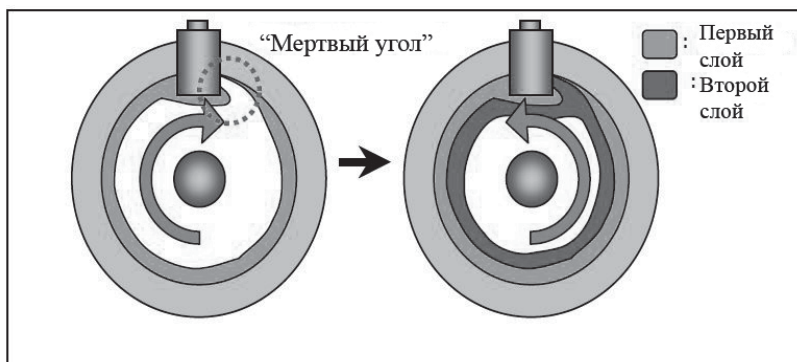
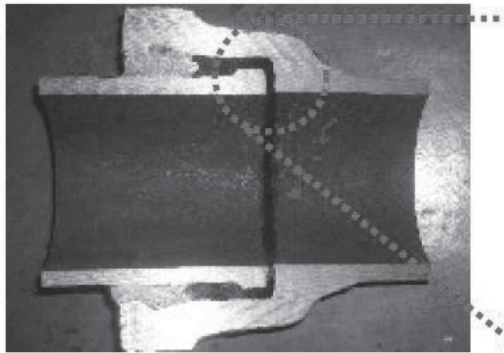


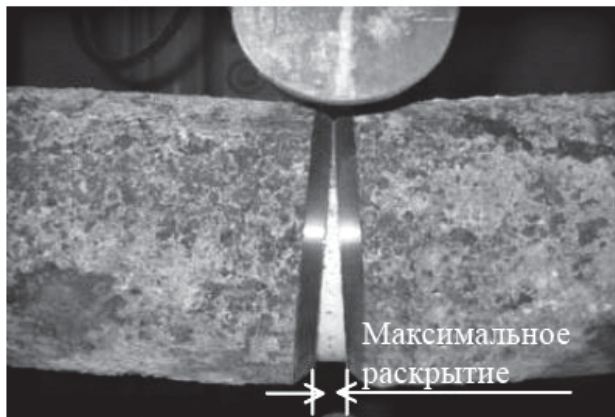
Рис. 6. Изменение вращения головки после первого прохода

Благодаря различным модификациям распылительных головок можно также избежать такого дефекта как расхождение стыков труб. При регулировании вязкости и эластичности герметизирующего материала органическая проникает в места расхождения стыков и застывает в них, принимая форму имеющегося зазора (рис. 7).



**Рис. 7.** Иллюстрация формы расхождения стыка, заполняемого эластичной смолой

Для оценки эффективности проведенных работ по предотвращению утечек выполняются тесты на изгиб отрезка трубы с искусственным швом. Сверху образца (над швом) накладывалось давление, обеспечивающее максимальное раскрытие искусственной щели при стандартной толщине мембраны.

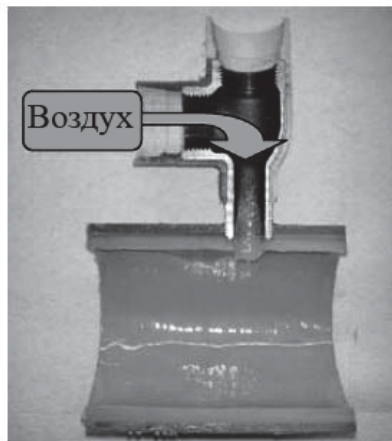


**Рис. 8.** Иллюстрация теста на изгиб при максимально допустимом искусственном шве, имитирующем возможную трещину

В случае локализации таких дефектов как расхождение стыков, проводилось дополнительное тестирование путем локального разреза участка трубопровода на стыках отдельных труб и выявления отсутствия вмятин в месте расхождения этих труб, т.е. полного заполнения смолой места дефекта.

Одним из наиболее значимых преимуществ рассматриваемого метода реновации является отсутствие такого негативного явления как закупорка

примыкающих к трубопроводу боковых ветвей с диаметрами труб 20 и 32 мм. Однако практика показала, что возможна блокировка примыкающих труб диаметром до 20 мм. В целях избежания этого обстоятельства проводились эксперименты по противодействию проникновению смолы в торцевые части боковых ветвей трубопроводов путем нагнетания воздуха (рис. 9). При этом был получен положительный эффект независимо от диаметра присоединенных трубопроводов.



**Рис. 9.** Иллюстрация подачи воздуха в трубопровод при реализации технологии нанесения защитного покрытия

По результатам научных исследований были успешно проведены эксперименты в полевых условиях на реальных объектах реновации трубопроводов протяженностью до 30 м. Сделан вывод о продолжении исследований в направлении изучения рассматриваемого метода.

#### Библиографический список

1. Орлов В.А. Строительство, реконструкция и ремонт водопроводных и водоотводящих сетей бестраншейными методами. – М. ИНФРА-М. 2007. 221 с.
2. Храменков С.В, Примин О.Г., Орлов В.А. Реконструкция трубопроводных систем. – М: Изд-во АСВ, 2008. 216 с.
3. Орлов В.А., Прокопьева А.И. Восстановление трубопроводов из серого чугуна. // Техника и технологии мира. 2015 №04(72). С.28-31.
4. Y. Nishimura, H. Kikuchi, S. Shimizu, The Development of “Gray-Buster-Advance Lining” Method, for Renovation of Gray Cast-iron Pipes // 25 International NO DIG Roma-2007.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД УДАЛЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА

Худякова Д.Д., студентка 4-го курса 1 группы ИИЭСМ

Шушкина М.С., магистрант 1-го курса 5 группы ИИЭСМ

Научный руководитель – Говорова Ж.М., проф., д.т.н.

В формировании качества воды рек и водохранилищ, являющихся источниками систем коммунального, промышленного и сельскохозяйственного водоснабжения большая роль принадлежит фитопланктону - микроскопическим водорослям, свободно парящим в толще воды.

Фитопланктон характеризуется многообразием видов. Все водоросли делятся на десять систематических групп – отделов по характеру окраски, связанной с особенностями их строения.

Наиболее часто среди пресноводного фитопланктона встречаются диатомовые, зеленые и сине-зеленые водоросли (рис. 1), реже золотистые и пиррофитовые. Для каждого вида данных водорослей характерен свой ряд особенностей. Так клетки диатомовых водорослей снабжены двустворчатой оболочкой, состоящей из кремнезема. Их скопления отличаются характерной желтовато-бурой окраской. Основными представителями диатомовых водорослей являются: *Navicula*, *Synedra* и *Melosira*. В отличие от диатомовых водорослей зеленые (*Scenedesmus*, *Chlamidomonas*) имеют отличительный признак – типичный зеленый окрас, их клетки содержат хроматофор и ядро. Сине-зеленые водоросли (*Oscillatoria*, *Anabaena* и *Microcystis*), клетки которых не имеют хроматофоров и ядер, равномерно окрашены в сине-зеленый цвет. Окрас таких водорослей может приобретать фиолетовый, розовый и другие оттенки.

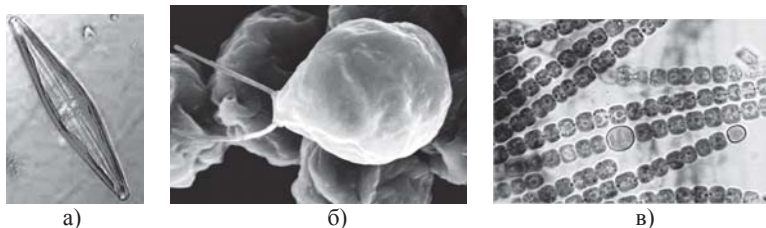


Рис. 1. Представители пресноводного фитопланктона *Navicula*, *Shlamidomonas* и *Anabaena* (слева направо)

Развитие фитопланктонных сообществ зависит от различных факторов: количества поглощаемого света, температуры воды, наличия биогенных элементов, продуктов жизнедеятельности самих водорослей, морфометрических особенностей водоисточников и их гидрологического режима.

Анализ литературных данных (табл. 1) показал, что изменение таксонометрического состава, структуры, численности и биомассы фитопланктона в природной воде поверхностных водоисточников носит сезонный характер.

## Сезонное изменение численности (N) и биомассы (B) водорослей

Водохранилище	Сезон, год	N, млн.кл/л	B, г/м <sup>3</sup>	Доминанты
Богучанское	сентябрь, 2002	0,1-0,907	0,07-0,87	<i>Stephanodiscus minutulus</i> ,
Усть-Илимское	весна, 2008	0,41-0,80	0,14-0,29	<i>Chlamydomonas</i> , <i>Scenedesmus</i> ,
	лето	0,19-0,82	0,18-0,44	<i>Aphanizomenon-flos-aquae</i>
	осень	0,17-0,94	0,17-0,26	<i>Stephanodiscus minutulus</i>
Саратовское	весна, 2009	0,53-0,88	0,70-3,38	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> ,
	лето	0,91-27,88	0,43-3,88	<i>Lyngbya limnetica</i>
	осень	0,4-1,74	0,30-1,47	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> ,
Волгоградское	весна, 1990	2,85-9,76	3,26-23,81	<i>Microcystis pul-verea</i> ,
	лето	5,21-53,68	0,27-8,58	
	осень	2,32-13,05	0,62-1,94	
Нижекамское	лето, 2004	11,5-12,3	0,8-1,3	

По биомассе фитопланктона можно судить о трофическом уровне водоисточника и интенсивности «цветения» воды. Так для эвтрофных водоемов биомасса колеблется в пределах от 1 до 400 мг/л, а цветение оценивается как интенсивное при биомассе от 10 до 99,9 мг/л.

Интенсивное развитие фитопланктона в периоды «цветения» воды поверхностных источников (рис. 2), как и его разложение, и отмирание приводит к появлению интенсивного запаха и привкуса, повышению цветности и перманганатной окисляемости воды; способствует образованию тригалогенметанов, создает значительные трудности при водоподготовке; приводит к увеличению доз реагентов, кольматации загрузки, уменьшению продолжительности фильтроциклов и увеличению расхода воды на собственные нужды [1-3].

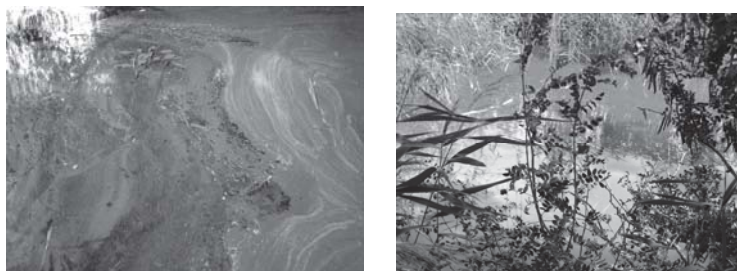
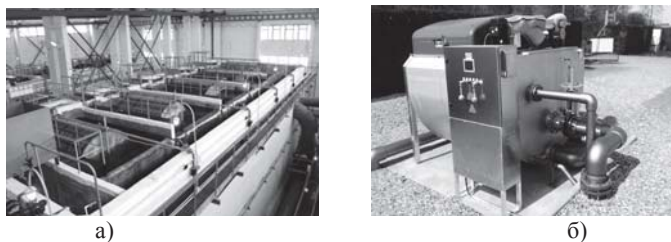


Рис. 2. Фото р. Дон и оз. Старое (Курганская обл.) в период цветения

В отечественной и мировой практике борьба с микроводорослями направлена на: 1 – предотвращение их развития (применение альгицидов за заселение водоемов отдельными видами микроводорослей и высшей водной растительности, снижение антропогенной нагрузки на водоисточники, аэрация); 2 – непосредственное удаление микроводорослей (механическая фильтрация, флотация и др.); 3 – нейтрализацию продуктов жизнедеятельности и разложения микроводорослей (окисление, коагуляция, сорбция и др.).

Одним из распространенных методов удаления фитопланктона является механическая ситовая фильтрация с использованием микрофильтров (барабанных сеток), вертикальных вращающихся и дисковых сит (рис. 3) устанавливаемых вначале технологической схемы очистки воды на ВОС.



**Рис. 3.** Общий вид микрофильтров (а) и установки DynaDisc (б)

Наряду с преимуществами для микрофильтров (МФ) и дисковых сит (ДС) характерны следующие недостатки: постоянная промывка, необходимость использования высоконапорных насосов, значительные затраты на электроэнергию, необходимость в случае применения ДС использовать реагенты и сита с размером ячеек не более 10 мкм [4].

Одним из перспективных безреагентных методов удаления из воды фитопланктона, позволяющим исключить недостатки МФ и ДС, является объемное восходящее фильтрование через слой плавающей пенополистирольной загрузки.

Для изучения целесообразности и эффективности использования префильтров с плавающей пенополистирольной загрузкой были проведены испытания на модели фильтра диаметром 200 мм и высотой 1 м, выполненного из оргстекла и нержавеющей стали, и загруженного вспененными гранулами полистирола марки ПСВ крупностью от 1 до 6 мм и толщиной слоя 0,4 м. Температура речной воды изменялась от +20°C до +12°C.

Данные по эффективности снижения численности ( $N$ , тыс. кл/л) водорослей и их биомассы ( $B$ , г/м<sup>3</sup>) в воде рукава Б. Каланча р. Дон при безреагентном фильтровании через загрузку префильтра показали, что при скорости фильтрования до 50 м/ч численность фитопланктона (доминанты - синне-зеленые водоросли) уменьшается на 38,1%, а его биомасса - на 48,7% (таблица). Снижение скорости фильтрования до 30 м/ч позволяет повысить эффект удаления фитопланктона по  $N$  и  $B$  дополнительно в 1,1-1,3 раза.



## Эффективность снижения численности и биомассы фитопланктона

Точка отбора пробы	Скорость фильтрации, м/ч							
	5		15		30		50	
	N	B	N	B	N	B	N	B
исходная	28,32	98,44	28,32	98,44	30,72	66,64	30,72	66,64
фильтрат	8,14	11,98	19,5	31,4	15,98	31,6	19	34,16
эф-ть, %	71,3	87,8	31,1	68,1	48,1	52,6	38,1	48,7

Одновременно с задержанием в толще загрузки микроводорослей, в первых по ходу движения воды слоях задерживаются и грубодисперсные частицы минеральной взвеси. Эффективность очистки воды, зависящая от скорости фильтрации (от 5 до 50 м/ч) и количества взвешенных веществ в исходной воде (от 6,4 до 42 мг/л), составила 10-35%. Предварительный фильтр является также эффективным средством защиты от мелкой рыбы и рачков.

Продолжительность фильтрации между промывками префильтра составляла 2-3 суток. Промывка фильтра производилась нисходящим потоком воды, при этом основная масса задержанных загрязнений выносилась в первые 6 минут промывки при ее интенсивности  $\sim 35$  л/(с·м<sup>2</sup>) и относительно расширении слоя загрузки не менее 30%.

Полученные результаты показали, что применение префильтра в период «цветения» воды позволяет снизить нагрузку на основные сооружения, улучшить качество воды, в том числе и по взвешенным веществам, сократить расход реагентов и количество промывной воды. В те периоды когда, когда численность микроводорослей минимальна, очистка речной воды может производиться на водопроводных очистных сооружениях, минуя префильтры.

## Библиографический список

1. Говорова Ж.М., Магомадов З.Р. Подготовка питьевой воды из маломощных водоемов // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 2. С. 62-70.
2. Скрыбин А.Ю., Поповьян Г.В., Тронь И.А. Микроводоросли как фактор, влияющий на органолептические свойства воды реки Дон // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 8. С. 38-41.
3. Васильева А.И., Насырова М.Р., Кантор Л.И., Труханова Н.В., Мельницкий И.А. Роль водорослей в образовании побочных продуктов хлорирования воды // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 3. С. 34-70.
4. Дудкин Е.В. Самсонова С.П. Удаление фито- и зоопланктона методом микрофильтрации // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 1. С. 29-33.

# ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВНУТРЕННЕГО ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

*Иванов М.И., студент 4-го курса 4 группы ИИЭСМ*

*Симашиев А.О., студент 4-го курса 2 группы ИИЭСМ*

*Научный руководитель – Хургин Р.Е., старший преподаватель, к.т.н.*

## *Введение*

Наша страна занимает второе место в мире по протяженности трубопроводов (2 млн км.), а по их изношенности – первое. В предкризисном состоянии находятся все трубопроводы системы жилищно-коммунального комплекса, для которых характерны высокая степень изношенности.

Замена стальных трубопроводов пластмассовыми позволит решить ряд проблем ЖКХ при условии учета особенностей, связанных со свойствами полимерных материалов и трубопроводов.

Полимерные материалы применяются во внутренних санитарно-технических системах с 1940-х годов наряду с традиционными материалами (металл, керамика и т. д.). Следует отметить постоянную тенденцию к увеличению масштабов применения пластмасс.

## *Противопожарный водопровод*

Любое здание и сооружение в целях безопасности находящихся в нем людей и сохранности имущества требует обязательное установление противопожарного водопровода.

Цель внутреннего противопожарного водопровода (В2) в комплексе с остальными элементами противопожарной системы здания – локализовать пожар, не дав распространиться ему дальше очага возгорания.

Спринклерные автоматические системы пожаротушения имеют встроенный ороситель, который снабжен тепловым замком колбой. Под воздействием пороговой температуры, на которую рассчитано вещество в колбе, происходит ее разрушение и разгерметизация трубопровода, подающего огнетушащее вещество.

Преимущество автоматических систем пожарной безопасности – нет участия человека.

## *Стальные трубопроводы*

Основные преимущества стальных труб – это высокая прочность, надежность и долговечность.

Самый большой недостаток стальных труб – это сильная подверженность коррозии. Коррозия является причиной зарастания внутреннего диаметра трубы, способствует снижению пропускной способности.

В случае пожара, при срабатывании насоса, происходит гидравлический удар, вследствие этого трубы могут разрушиться, что повлияет на значительный материальный ущерб в помещении.

Это очень актуально на сегодняшний день, в связи с тем, что зачастую при капитальном ремонте здания распределительные сети не обновляются и трубопровод служит не один десяток лет.

### *Полимерные трубопроводы*

Один из многих вопросов, который в профессиональном обществе вызывает активные споры и дискуссии, заключается в том, какие решения и материалы лучше всего использовать для пожарных трубопроводов. Основной мотив для всевозможных новаций – естественное стремление сократить сроки монтажных работ и стоимость системы. Западные и отечественные производители с этой целью в последние годы начали предлагать полипропиленовые и поливинилхлоридные компоненты, включающие в себя трубы, переходники и фитинги.

Их соединение осуществляется при помощи клеевых соединений. Речь идет о методе так называемой «холодной сварки». Многие считают, что легкость и простота такого метода дают возможность осуществлять монтаж, даже если речь идет о труднодоступных местах, а невысокая стоимость и скорость делают его привлекательным с технической и экономической точки зрения.

Если обращаться к действующему Своду правил СП 5.13130.2012, "Системы противопожарной защиты" то в соответствии с ним, использование пластиковых трубопроводов и других компонентов допускается, но только по результатам проведенных огневых испытаний, осуществляться которые должны в специализированных, обладающих лицензией организациях. В данное время соответствующие разрешения есть лишь у нескольких производителей.

Так, российские сертификаты пожарной безопасности имеют система ПВХ BlazeMaster отечественной компании «Аделант» и продукция Firestop от немецкой компании Aquatherm.

### *Полимерные трубопроводы компании Акватерм Firestop*

Автоматическая система пожаротушения Акватерм Firestop, состоящая из пластиковых труб и фитингов, для спринклерных водных и пенных систем.

В основу системы пожаротушения легла многослойная комбинированная полипропиленовая труба Фазер, изготовленная методом экструзии.

Для изготовления этих труб был использован материал фузиолон – пластик, качество которого рассчитано на особые требования в области применения для пожаротушения.

Пластиковые трубы для системы пожаротушения соединяются исключительно методом сварки на молекулярном уровне, без уплотнителей и клея.

Преимущества автоматической системы пожаротушения Firestop:

- сертифицирована в органах пожарной безопасности различных стран, в том числе в России;
- очень хорошие сварные свойства;
- незначительный вес по сравнению с металлическими трубопроводами;
- коррозионная и химическая устойчивость;
- не засоряется ржавчиной;
- быстрота монтажа;
- незначительная шероховатость поверхности трубы и высокая абразивная устойчивость;
- хорошие тепло- и звукоизолирующие характеристики;
- высокая ударная вязкость;
- плотное соединение фитинга с трубой за счёт сплавления;
- не требуются элементы для уплотнения в местах соединения (прокладки и т. п.);

Трубы и фитинги трудновоспламеняемы, класс воспламеняемости В1 по DIN 4102-1.

#### *Трубопроводы компании «Аделант» (Система BlazeMaster)*

Российский производитель «Аделант» (г. Тюмень).

Система BlazeMaster ХПВХ имеет пакет Российских сертификатов:

- Согласование от Департамента надзорной деятельности МЧС России на «Специальные технические условия на проектирование, монтаж и эксплуатацию труб и фитингов BlazeMaster из хлорированного поливинилхлорида в спринклерных водозаполненных установках пожаротушения»;
- Сертификат пожарной безопасности № СППБ.УС.ОП 014.н01570;
- Сертификат соответствия ГОСТ Р № РОСС US.AB28.н03269;
- Санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.01.16.495.П.077803.11.09.

Трубопроводы BlazeMaster ХПВХ предназначены для использования в спринклерных водозаполненных установках пожаротушения. Допускается использование ХПВХ во внутреннем противопожарном водопроводе (ВПВ).

Преимущества применения труб ХПВХ:

Преимущества для заказчиков - это долгосрочное сопротивление коррозии и микробиологической коррозии, эстетичный вид трубопровода. Доказанная надежность системы.

Преимущества для монтажников - быстрый, простой монтаж. Труба имеет легкий вес. Отсутствие огневых работ, по сравнению с металлом. Монтаж может начинаться и останавливаться на любом участке работы. Трубопровод легко монтируется вокруг препятствий. Нет необходимости в покраске трубопровода. Минимум протечек при гидравлических испытаниях.

Монтажный процесс системы BlazeMaster ХПВХ основан на технологии склеивания при использовании агрессивных клеев.

Преимущества для проектировщиков Наличие СТУ – документа, в котором собрана полная информация о системе, с учетом всех нормативных документов. Благодаря более гладкой стенке трубы, наилучшие гидравлические характеристики системы. Гидравлические потери в месте соединения трубы и фитинга минимальны, отсутствие заужения диаметра. Программа для расчета гидравлики (SprinkCad). Таблицы гидравлических расчетов в СТУ, в соответствии с методикой расчета СП 5.13130.2009.

Трубы и фитинги BlazeMaster ХПВХ номинальными диаметрами от 20 мм (3/4”) до 80 мм (3”). Материал ХПВХ характеризуется высокой огнестойкостью. (таблица 1. Физико-механические характеристики трубопроводов). ХПВХ относится к группе горючести Г1 ГОСТ 30244-94, группе воспламеняемости В1 ГОСТ 30402-96). Коэффициент распространения огня для ХПВХ – 15. При горении ХПВХ обладаем малым дымообразованием.

Крупные объекты: Олимпийские объекты Англия, Лондон, столица XXX Олимпийский игр 2012. Олимпийская деревня – 3 500 домов, в которых разместили 17 тысяч атлетов. 10 000 спринклерных оросителей. 1310 метров системы ХПВХ было поставлено меньше, чем за 6 месяцев.

Объекты в Москве: Бизнес-центр «Юникон»; Театр Российской армии.

### *Заключение*

В настоящее время, помимо нового строительства, мы имеем дело с реконструкцией зданий, в котором не всегда возможно использовать стальные трубопроводы в связи с их особенностями, например, использование сварки, зачастую невозможно на реконструированных объектах. В таких случаях мы можем успешно применить полимерные трубопроводы.

Также в настоящее время, вопросу об энергоэффективности и применение новых материалов уделяется повышенное внимание. В данной работе, на примере двух типов полимерных труб, мы рассмотрели и изучили характеристики и возможность использования полимерных трубопровод в противопожарных системах. И сделали вывод, что альтернатива стальным трубопроводам есть, и она представлена в виде полимерных трубопроводов, которые имеют ряд преимуществ над сталью.

Итак, в зависимости от финансовых возможностей, целей и назначения мы имеем выбор при проектировании, в использование тех или иных противопожарных трубопроводов.

### Библиографический список

1. СП 5.13130.2012. Системы противопожарной защиты.
2. Сайт компании Аделант - Режим доступа: <http://adelant-group.ru>.
3. Сайт компании Акватерм Firestop - Режим доступа: <http://aquatherm-firestop.ru>.
4. Сайт СпецПожар - Режим доступа: <http://www.pojar.ru>.

## ПРИМЕНЕНИЕ ТИТАНОВОГО КОАГУЛЯНТА В СИСТЕМЕ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД

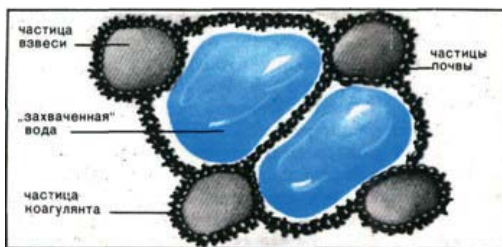
*Зенкина А.Ю., студентка 4-го курса 3 группы ИИЭСМ*

*Научный руководитель – Хургин Р.Е., старший преподаватель, к.т.н.*

Одной из главных проблем человечества XXI века является проблема обеспечения качественной питьевой водой, соответствующей всем санитарно-гигиеническим требованиям.

Огромное количество потребляемой воды на нужды промышленности, сельского хозяйства, нерациональное использование вод, сброс недостаточно очищенной воды привели к ухудшению качества поверхностных водоисточников. Водоёмы теряют способность к самоочищению, что приводит к потере водоёма, как источника водоснабжения.

При подготовке питьевой воды почти повсеместно применяется процесс осветления, основой которого является коагуляция. Коагуляция – это процесс укрупнения мелких дисперсных примесей в более крупные и последующее их осаждение.



Химикаты, которые приводят к коагуляции, называются коагулянтами. В настоящее время наибольшее распространение получили коагулянты на основе алюминия и железа. На современных московских водоочистных сооружениях чаще всего применяют сульфат алюминия (сернокислый алюминий) и оксихлорид алюминия.

Для решения проблемы обеспечения качественной питьевой водой требуются новые научные подходы и разработки новых экологически безопасных реагентов для очистки природных вод.

Титановый коагулянт – это инновационный высокоэффективный реагент, получаемый на основе хлорсодержащих соединений титана и алюминия. Этот продукт качественно, безопасно и эффективно очищает воду, а так же значительно удешевляет процесс водоподготовки. У данного реагента широкий диапазон применения. Помимо водоподготовки, он может применяться при очистке промышленных и бытовых сточных водах, а так же для очищения воды от специфических загрязнений.

Принцип действия титанового коагулянта заключается примерно в следующем: на большой поверхности каждой из гранул реагента адсорбируют твёрдые вещества, бактерии, металлы. Поверхность каждой гранулы

имеет пористую структуру. Высокая активность гранул титанового коагулянта достигается за счет высокой адсорбирующей способности различных алюминий- и титаносодержащих фаз. После этого гранулы, адсорбировавшие в себе эти примеси, оседают на фильтрованных элементах. Осадок хорошо структурирован, что исключает появление повторного загрязнения, так как он не поднимается вверх, как может происходить при использовании других реагентов. Кроме того, скорость осаждения осадка значительно выше. Таким образом, используя титановый коагулянт, мы можем удалять вредные примеси, которые наносят вред окружающей среде.

Титан сам по себе является дезинфектором и его полезные свойства передаются коагулянту. Тесты, проведенные учёными в одном из институтов Словении, показали, что титановый коагулянт высокоэффективен при удалении из воды кишечной палочки, колиформных бактерий, фекального стрептококка и клостридий.

Преимущества титанового коагулянта:

- минимальная доза реагента (от 2 мг/л);
- дезинфицирующие свойства;
- высокая эффективность очистки воды от взвешенных веществ, от ионов металлов, от коллоидных и специфических загрязнений;
- эффективно работает при низких температурах;
- не требует стабилизации уровня pH;
- защита окружающей среды заключается в том, что: содержание остаточного титана и алюминия в разы меньше, чем это предусмотрено нормативами;
- не образует опасных продуктов трансформации;
- эффективно удаляет ионы тяжёлых металлов за счёт активной адсорбции;
- уменьшает или вовсе исключает применение дезинфицирующего реагента;
- удаляет органические вещества.

Стоит отметить его безопасность для здоровья человека: титановый коагулянт не наносит раздражающего действия на кожные покровы и слизистые оболочки человека.

Благодаря применению титанового коагулянта возможно исключить применение других реагентов. Качество воды при этом остаётся на должном уровне, а процесс очистки удешевляется.

Помимо этого хотелось бы выделить экономические преимущества применения титанового коагулянта по сравнению с другими известными коагулянтами (сам по себе титан очень дорог, но титановый коагулянт производится не из листового титана, а из отходов других титановых производств).

Для сравнения произведем расчет месячного расхода товарного коагулянта для титана и сульфата алюминия:

$$Q_{\text{к}} = \frac{Q \cdot D_{\text{к}}}{10000 \cdot P_{\text{с}}},$$

где  $Q$  – суточная производительность водопроводной очистной станции;  $D_k$  – доза коагулянта;  $P_c$  – содержание безводного вещества в коагулянте.

Исходные данные: водопроводные очистные сооружения с полной производительностью  $Q_{\text{полн.}} = 90\,720 \text{ м}^3/\text{сут}$ ; мутность – 250 мг/л; цветность – 35 град. Доза сульфата алюминия – 40 мг/л. Доза титанового коагулянта – 10 мг/л (обычная дозировка 5-15 мг на литр очищаемой воды). Расчет ведётся на хранение 30-ти суточного запаса СНиП 2.04.02-84 (п. 6.202).

Для сульфата алюминия:

$$Q_k = \frac{90720 \cdot 40}{10000 \cdot 33,5} = 10,8 \text{ т}$$

Для титанового коагулянта:

$$Q_k = \frac{90720 \cdot 10}{10000 \cdot 50} = 1,81 \text{ т}$$

В результате проведенных математических вычислений получаем, что требуемое количество титанового коагулянта в разы меньше, чем сульфата алюминия.

#### Сравнительная таблица

Показатели	Сульфат алюминия	Титановый коагулянт
Доза коагулянта, мг/л	40	10
Кол-во коагулянта с учётом запаса на 30 дней, т	324	55
Стоимость товарного коагулянта, руб/т	28 000	79 000
Итого, млн. руб.	9,072	4,35

Несмотря на то, что стоимость 1 т титанового коагулянта в 2,5 раза больше, чем стоимость 1 т сульфата алюминия, требуемое количество титанового коагулянта меньше, следовательно, его применение экономически целесообразно.

Выводы: применение титанового коагулянта более рационально, нежели другие коагулянты, применяемые сегодня в водоподготовке. В последние годы применение титанового коагулянта будет более востребованным в технологии очистки природных вод. При этом качество питьевой воды сохранится на должном уровне, а процесс очистки поверхностных вод станет значительно дешевле.

#### Библиографический список

1. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84\*.



2. Муляк В.В., Родак В.П., Исаев Г.М. / Способ получения коагулянта титанового для очистки и обеззараживания природных и сточных вод и способы использования коагулянта титанового для очистки и обеззараживания природных и сточных вод (варианты) // Патент на изобретение № 2399591, Бюллетень № 26 от 20.09.2010 г. (<http://www.freepatent.ru/patents/2399591>).

3. <http://www.sittec-titan.com/titanovyy-koagulyant/svoystva-i-oblast-primeneniya.php>.

4. [http://www.astrvodokanal.ru/print.php?type=N&item\\_id=261](http://www.astrvodokanal.ru/print.php?type=N&item_id=261).

## **К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ВОДЫ В НИУ МГСУ**

*Смирновская А.М., студентка 4-го курса 4 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Орлов Е.В., доц., к.т.н.*

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ) является крупнейшим строительным вузом не только у нас в стране, но и на территории бывшего СНГ. Здание организации расположено недалеко от железнодорожной станции Лосиноостровская и примыкает к национальному парку Лосиный остров.

Главное здание НИУ МГСУ включает в себя несколько корпусов, помещение администрации, а также корпуса актового зала и научно-технической библиотеке. Его стали возводить в 1967 году, а в 1983 году строительство первой очереди было завершено, здание было введено в эксплуатацию. В 2008 году был построен новый корпус (корпус УЛК), куда переехали факультеты, размещавшиеся ранее в старом здании на шлюзовой набережной у метро Павелецкая.

Сегодня ко всем зданиям, возводимым в нашей стране, предъявляются требования по водо- и энергосбережению. Это позволяет значительно экономить природные ресурсы нашей планеты. Стоит отметить, что старые здания (построенные даже 10 лет назад) никаким образом не могут удовлетворять вышеперечисленным требованиям. Поэтому требуется их модернизация и повышение эффективности в плане экономии ресурсов [1-7].

Целью настоящей работы является выявление основных проблем в системах внутреннего водоснабжения здания НИУ МГСУ для того, чтобы предложить основные решения по снижению потерь воды во внутреннем водопроводе.

Было проведено обследование санитарно-технических ячеек (кабин) в корпусах здания. Обнаружили, что в большинстве случаев применяются устаревшие технические решения, которые никаким образом не могут приводить к водосбережению [8-10].

Первое на что хотелось обратить внимание – это использование в качестве водоразборной арматуры смесителей неизвестных производителей. В большинстве случаев качество такого оборудования оставляет желать

лучшего. Корпуса приборов очень быстро ржавеют, наружное покрытие трескается, а затем облезает. К тому же, очень часто такие водоразборные приборы выходят из строя раньше их нормативного срока службы. Большинство таких смесителей подтекает, таким образом, теряется большое количество чистой питьевой воды. Вроде бы обоснованная экономия на покупке дешевой техники начинает разорять потребителя уже через несколько месяцев в процессе эксплуатации.

Следующая проблема – это использование в системе водоснабжения смесителей устаревшей конструкции – двухвентильных. Они, конечно, стоят дешевле, но к экономии воды никаким образом не ведут. Их основная проблема – их конструкция и принцип работы. Чтобы настроить подачу холодной и горячей воды, а затем требуемый расход следует крутить то один вентиль, то второй. За время настройки параметров большое количество воды попросту выливается в канализацию, что влечет за собой большие потери воды. Также некоторые смесители не имеют аэраторов, а те, которые присутствуют, находятся в плохом состоянии, например, повреждены в результате вандальских действий.

Большие проблемы в плане потерей воды вызывают подтекающие краны смывных бачков унитазов. В большинстве случаев они сильно износились и требуют замены. В некоторых случаях – они просто сломаны. В день из одного подтекающего бачка может быть потеряно порядка 50-100 литров чистой питьевой воды. Также используются однокнопочные системы смыва, из-за чего после нажатия на кнопку опустошается весь бачок унитаза.

Следующая проблема – отсутствие культуры водопотребления у студентов НИУ МГСУ, которая сильно ударяет по водосбережению. Бывает очень часто, что студенты забывают закрывать водоразборные приборы после использования. Наблюдать, как чистая вода попусту вытекает из прибора, когда рядом никого нет – нормальное явление, зафиксированное в сантехнических кабинках НИУ МГСУ. Также стоит отметить, что на некоторых унитазах отломаны сиденья, сломаны кнопки смыва бачка.

Обслуживающий персонал (уборщицы) не умеют пользоваться сливным трапом, который расположен в полу каждой сантехнической кабинки. После мытья полов грязная вода выливается в унитаз или умывальник, загрязняя их, а трапы не используются и гидрозатворы в них пересыхают. Это приводит к появлению неприятных запахов в помещении по этой причине, т.к. вредные газы из внутренней канализации начинают поступать в сантехническую кабинку.

Ректор НИУ МГСУ проф., д.т.н. Волков А.А. в своем выступлении в декабре прошлого года перед коллективом сотрудников заявил о больших суммах за услуги ЖКХ, которые постоянно возрастают (отопление, водоснабжение, канализация, электричество и т.д.). Проблема в НИУ МГСУ существует, ее надо решать.

По результатам проведенных исследований и полученных данных были сделаны определенные выводы и предложены решения, которые позво-

лят значительно снизить потери воды в системе, а также добиться водосберегающего эффекта.

В административном корпусе, где культура водопотребления выше, предлагается заменить все старые смесители на однорычажные качественных зарубежных марок, установив на их излив специальное устройство – насадку для экономии воды. Оно монтируется вместо стационарного аэратора, навинчиваясь на стандартную резьбу. Прибор работает следующим образом. Пользователь включает смеситель, предварительно настроив необходимый расход и температуру, а чтобы полилась вода из излива, нажимает на выступающую кнопку из кончика прибора (шток). Вода начинает поступать из внутренней водопроводной сети. Чтобы выключить воду, необходимо опять легонько нажать на выступающую кнопку прибора. Таким образом, принцип работы прибора очень похож на обычный дачный ручной мойник, только не надо постоянно держать рычажок для подачи воды.

Кроме того, имеются специальные модели таких водосберегающих насадок, которые способны работать от настраиваемого пользователем таймера от 2 до 10 секунд (при необходимости) (рис. 1). Такая модель ничем не отличается от вышеперечисленного варианта. Однако, механический шток (стержень) имеет узкое маленькое отверстие, через которое специальным ключом потребителем может отрегулировать время истечения воды через насадку после ее включения. Это позволяет дополнительно снизить потребление воды потребителем при использовании системы внутреннего водопровода.



**Рис. 1.** Водосберегающая насадка с таймером

Целесообразно будет установить безбачковые типы унитазов с системой автоматического (сенсорного) смыва, что позволит предотвратить перенос инфекций в здании, а также снизить вероятность повреждения прибора (система имеет антивандальные функции).

В корпусах, где присутствуют студенты, установить бесконтактный смеситель антивандальной конструкции, который будет включаться и автоматически выключается только при поднесении к нему рук [11-14]. Это позволит экономить более 45% воды. В настройках системы каждого сме-

сителя понизить расчетный расход в 2 раза (до 0,1 л/с вместо 0,2 л/с), а также снизить температуру подаваемой воды (вода будет чуть теплая). Это будет вполне достаточно для проведения процедур в сантехнической кабине.

Также целесообразно будет в мужских сантехнических кабинах снизить количество унитазов, заменив их специальными безводными писсуарами. Такие устройства не используют воду из внутреннего водопровода. Они работают следующим образом. У новых моделей полностью отсутствует подключение к системе внутреннего водопровода. В приборе имеется гидрозатвор (сифон), который подключен к внутренней системе водоотведения. Для предотвращения попадания вредных запахов из внутренней сети в сифоне находится специальная жидкость на основе масла. Она легче воды и долго не испаряется. При использовании писсуара урина попадает в гидрозатвор, где проходит через масло и попадает в отводные трубопроводы водоотводящей сети. Таким образом, происходит смыв.

Материал, из которого изготавливаются такие модели писсуаров, тоже не совсем обычный. Используются новые добавки в глазурированную поверхность прибора на основе нанотехнологий. Это приводит к тому, что поверхность становится гидрофобной, отталкивает воду. Урина, попадая на материал, не стекает, а отталкивается от поверхности (скатывается). Таким образом, контакт не происходит и поверхность вообще не смачивается (капля принимает форму, похожую на шарик). Запахи не успевают образовываться, а загрязнения уходят во внутреннюю водоотводящую сеть. Несмотря на это, два раза в день необходимо производить влажную уборку этих писсуаров.

Стоит подчеркнуть, что вложение в водосберегающий потенциал здания потребует определенных финансовых затрат, однако они достаточно быстро окупятся (около 6-12 месяцев по опыту административных зданий, например, торговых центров). Это необходимо, чтобы все корпуса НИУ МГСУ выполняли требования по водосбережению, которое сейчас в обязательном порядке предъявляется ко всем современным зданиям у нас в стране.

#### Библиографический список

1. Исаев В.Н., Нечитаева В.А. Энергоресурсосбережение в системах водоснабжения // Водоснабжение и канализация. 2010. № 4. С. 88-91.
2. Журов В.Н., Пугачев Е.А., Федоровская Т.Г., Комаров А.С., Викулина В.Б., Михайлин А.В., Нечитаева В.А. Водоснабжение и водоотведение жилого дома. М. Издательство АСВ, 2004. 32 с.
3. Чистякова А.В., Чухин В.А., Андрианов А.П. Автоматизация инженерных систем зданий. Системы водоснабжения // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2016. № 1 (97). С. 48-54.
4. Кедров В.С., Исаев В.Н., Орлов В.А., Пальгунов П.П., Сомов М.А., Чухин В.А.. Водоснабжение и водоотведение: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 2002. – 335 с.

5. Федоровская Т.Г., Викулина В.Б., Нечитаева В.А., Маслова О.Я. Водоснабжение и водоотведение жилой застройки. М.: Издательство АСВ. 2013. 144 с.
6. Жмаков Г.Н. Эксплуатация оборудования и систем водоснабжения и водоотведения. М.: Издательство Инфра-М. 2005.
7. Орлов В.А., Квитка Л.А. Водоснабжение. М. Издательский дом Инфра-М. 2015. 443 с.
8. Бунькина И.А. Пути организации финансирования для оздоровления среды обитания на рекреационных территориях // Естественные и технические науки. 2015. № 3 (81). С. 244-246.
9. Наназашвили И.Х., Литовченко Б.А., Бунькина И.А. Благоустройство и экология в городской среде на территории высокоуплотненной застройки // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2005. № 1. С. 58-59.
10. Исаев В.Н., Чухин В.А., Герасименко А.В. Ресурсосбережение в системе хозяйственно-питьевого водопровода // Сантехника. 2011. № 3. С. 14-17.
11. Исаев В.Н., Чухин В.А., Герасименко А.В. Интеллектуализация системы водоснабжения жилых и общественных зданий // Сантехника. 2010. № 6. С. 16-19.
12. Исаев В.Н., Нечитаева В.А., Кондратьев В.В. Структура водопотребления в жилых зданиях // Трубопроводы и экология. 2004. № 2. С. 26.
13. Орлов В.А. Трубопроводные сети. М. Издательство Лань. 2015. 160 с.
14. Андрианов А.П., Нечитаева В.А. Реконструкция систем водоснабжения и водоотведения. М. Издательство Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. 2012. 54 с.

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ КИРПИЧНОГО ЗАВОДА**

*Шевченко М.А., студентка 4-го курса 1 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Орлов Е.В., доц., к.т.н.*

На кирпичном заводе проектирование и строительство систем водоснабжения является важной необходимостью для обеспечения различных технологических процессов водой требуемого качества. На промышленном предприятии проектируются системы производственного, противопожарного и хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Автором была изучена система водоснабжения одного из заводов, который специализируется на производстве строительных материалов. Данное предприятие расположено на севере города Москвы.

Данный кирпичный завод имеет много цехов, на территории находится столовая, а также другие подсобные помещения. Основное производство данного предприятия – изготовление облицовочного керамического кирпича различной формы, размеров, цветов и т.д.

Конечной стадией изготовления кирпича является обжиг кирпича-сырца в специальных печах при температуре 900-1200 °С, которые находятся в промышленном цеху. Температура воздуха в данном помещении превышает 27 °С, а учитывая 12 часовой график работы работников предприятия – это тяжелый труд, при котором организмом теряется большое количество жидкости. Есть вероятность обезвоживания, что может приводить к возникновению различных заболеваний. Система кондиционирования воздуха в помещениях отсутствует. Таким образом, в таких сложных условиях проектирование и возведение специального питьевого водопровода является требуемой необходимостью.

Водопровод специального назначения или специальный питьевой водопровод обязательно проектируется в зданиях предприятий горячих цехов, где имеется высокая температура воздуха, из-за которой вероятность обезвоживания организма работников возрастает в разы. Он подает потребителю газированную, подсолненную и охлажденную до низких температур воду для лучшего утоления потребителем жажды [1-4]. На лосиноостровском заводе строительных материалов и конструкций такой водопровод был запроектирован еще в прошлом веке, однако не подвергался реконструкции.

Специальный питьевой водопровод с помощью отдельного ввода подключался к зданию. В качестве его основных элементов можно перечислить следующие: установки водоподготовки (для улучшения качества подаваемой воды – доочистки, а также для приготовления газированной, подсолненной и охлажденной воды), сеть трубопроводов, проложенных в здании, а также внутриквартальная сеть с подключением к магистрали городского водоснабжения; контрольно-измерительные приборы (счетчики, манометры, термометры), запорная (задвижки) и водоразборная (краны) арматура.

Данная система работала следующим образом. Вода направлялась из системы внутреннего холодного водопровода в баки. Там происходил процесс приготовления раствора пищевой поваренной соли, затем происходило его смешивание (или смешивание с углекислым газом, находящимся в баллонах). Также использовали специальную систему фильтров, в зависимости от качества подаваемой воды из системы внутреннего водоснабжения. Дополнительно в системе имеются дозаторы (дозирование определенных объемов). Водоразбор происходит с помощью специальных водоразборных шкафчиков.

Для приготовления охлажденной воды проектируются специальные холодильные аппараты. Они оборудуются автоматическими регуляторами температуры. Охлажденная до низких температур вода поступает по трубопроводам к водоразборным шкафчикам.

Эксплуатация данной системы было непростым и затратным. Часто случались поломки оборудования, оно выходило из строя по причине отсутствия планового осмотра и модернизации. Подходил к концу срок службы системы, и от нее было решено отказаться. Для утоления жажды

работникам приходилось брать воду с собой в цех в пластиковых бутылках. Когда жидкость заканчивалась, необходимо было идти в соседний цех и набирать воду из хозяйственно-питьевого водопровода. Это вызывало определенные неудобства и затраты времени. Производительность труда падала.

Таким образом, возникла острая проблема модернизации системы водоснабжения специального назначения кирпичного завода, которой необходимо было заняться в кратчайшие сроки. Было рассмотрено несколько вариантов:

1. Полная замена устаревшей системы специального питьевого водопровода на новую с перекладкой всей водопроводной сети, замены внутриквартирных трубопроводов, а также других элементов системы;

2. Установка кулеров для воды в горячем цеху.

3. Установка автоматов питьевой воды.

Были проведены технико-экономические расчеты и первый вариант оказался очень трудозатратным и дорогим (работа по замене и перекладки сети, земляные работы и т.д.). Замена всей сети и оборудования выливалась в кругленькую сумму.

Второй вариант был значительно дешевле, однако при обильном водопотреблении на предприятии было бы необходимо систематически заказывать бутылки с водой, их подвозить и разгружать, а также после опустошения устанавливать новые на прибор. К тому же кулер для воды не позволял ее газировать и подавать подсолненную жидкость, что являлось большим минусом.

Таким образом, выбор пал на установку автоматов питьевой воды, применение которых значительно выигрывало у первого варианта по цене, а у второго по удобству использования и наличию необходимых функций.

Автомат питьевой воды - это многофункциональный аппарат. В его корпусе сразу сосредоточены все необходимые приборы, способные воду очищать, нагревать, охлаждать, газировать, подавать подсолненную воду и производить водораздачу потребителю. Благодаря небольшим размерам, он занимает мало места и может быть установлен в любую часть цеха. Аппарат обладает износостойким корпусом, что гарантирует его безотказную работу даже в сложных условиях промышленного предприятия [5-9].

Автомат питьевой воды подключается к магистрали холодной воды с помощью трубки, сделанной из полипропилена. Она очень надежна, а также может выдерживать высокое давление до 12 атмосфер. Это гарантирует хорошую защиту от протечек. Диаметр трубки всего лишь 7 мм. Она легко прокладывается или под плинтусом, или под навесным потолком. Также ее можно закрывать декоративным кабельным коробом.

Вода из системы водоснабжения по трубке поступает в систему фильтрации. При необходимости могут использоваться несколько ступеней очистки воды. В большинстве случаев применяют мембрану обратного осмоса. Она способна задержать все бактерии и вирусы. Большая часть растворенных солей и органических веществ задерживаются на мембране.

Пропускаются только молекулы воды небольших органических соединений и легких минеральных солей. Дополнительно в систему может быть установлен угольный фильтр. Он позволяет улучшить вкус и запах воды. Ультрафиолетовая лампа, устанавливаемая в накопительный бак, подавляет возможность размножения вирусов и бактерий, благодаря уничтожению их с помощью ультрафиолетового излучения [10-19].

Пройдя все ступени очистки, вода попадает в накопительный резервуар, расположенный под верхней крышкой автомата питьевой воды, а из него – в бачки холодной и горячей воды. Температура в баках горячей и холодной воды поддерживается на постоянном уровне с помощью электронных датчиков. Нагрев или охлаждение включаются автоматически, если температура падает ниже или выше нормы.

Некоторые другие модели автоматов питьевой воды снабжены функцией обогащения питьевой воды кислородом. Такая вода улучшает общее самочувствие, а также улучшает мыслительную деятельность, дополнительно помогая в выведении токсичных веществ из организма.

Также в таких аппаратах имеется оборудование для приготовления подсоленной и газированной воды с помощью специального дозатора.

Все модели автоматов питьевой воды имеют удобные ручки для переноски, что позволяет переносить аппарат в различные места помещения.

Производительность таких приборов может достигать до 150 л/час, а это около 8 стаканов воды в минуту, что вполне достаточно для такого горячего цеха.

В качестве примера приводятся основные сравнительные характеристики автоматов питьевой воды и кулеров для воды, что дает объективно сравнить эти два прибора.

<b>Параметр</b>	<b>Кулер для воды</b>	<b>Автомат питьевой воды</b>
Тип устройства	Прибор индивидуального пользования	Водоразборный прибор
Объем резервуара	19 литров (бутылка)	2,5 литра
Необходимость в замене бутылок	Да	Нет
Необходимость в замене системы фильтрации	Нет	Да
Максимальная потребляемая мощность	1300 Вт	1300 Вт
Наличие системы фильтрации	Нет	Есть
Возможность порчи воды	Да	Нет
Возможность подачи холодной, горячей, подсоленной, газированной, насыщенной кислородом воды	Нет. Только холодная или горячая	Да
Примерная цена	15 000	50 000



Таким образом, провести модернизацию системы специального питьевого водоснабжения кирпичного завода можно быстро, в достаточно кратчайшие сроки, а главное совсем недорого, отказавшись от дорогих строительномонтажных, земляных и других видов работ.

### Библиографический список

1. Орлов Е.В. Водо-и ресурсосбережение. Жилые здания коттеджных и дачных поселков // Технологии мира. 2012. № 10. С. 35-41.
2. Орлов Е.В. Инженерные системы зданий и сооружений. Водоснабжение и водоотведение. – М.: Издательство АСВ. 2015. 216 с.
3. Орлов Е.В., Квитка Л.А., Михайлин А.В., Кудряшова Г.Н., Комаров А.С., Юнчина М.Н. К выбору трубопроводов для систем водопровода специального назначения // Естественные и технические науки. 2015. № 2 (80). С. 154-155.
4. Орлов Е.В. Использование водопровода специального назначения в зданиях // Вестник МГСУ. 2014. № 9. С. 76-81.
5. Орлов Е.В. Планировочные решения санитарно-технических помещений в современных жилых зданиях // Вестник МГСУ. 2015. № 1. С. 83-89.
6. Орлов Е.В. Автомат питьевой воды – новый тип экологичных водоразборных приборов // Экология урбанизированных территорий. 2015. № 1. С. 43-46.
7. Орлов Е.В. Водосбережение в современных поселках таунхаусов // Вестник МГСУ. 2013. № 8. С. 110-115.
8. Орлов Е.В. Система внутреннего водопровода. Новый тип водоразборных приборов в зданиях. Автоматы питьевой воды // Техника и технологии мира. 2013. № 1. С. 37-41.
9. Чистякова А.В., Чухин В.А., Андрианов А.П. Автоматизация инженерных систем зданий. Системы водоснабжения // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2016. № 1 (97). С. 48-54.
10. Юрчевский Е.Б., Первов А.Г., Андрианов А.П., Пичугина М.А. Исследование процессов формирования отложений в мембранных аппаратах с открытыми напорными каналами // Энергосбережение и водоподготовка. 2008. № 4. С. 32-37.
11. Макаров Р.И., Первов А.Г., Андрианов А.П. Прогноз качества воды, обработанной с помощью нанофильтрационных мембран ОПМН // Мембраны. 2002. № 15. С. 3-9.
12. Андрианов А.П., Первов А.Г. Методика определения параметров эксплуатации ультрафильтрационных систем очистки природных вод // Мембраны. 2003. Т. 18. № 2. С. 3-22.
13. Юрчевский Е.Б., Первов А.Г., Андрианов А.П. Перспективы использования мембранных технологий водоподготовки для предотвращения загрязнения пароводяных трактов ТЭС органическими примесями природной воды // Теплоэнергетика. 2006. № 8. С. 2-9.

14. Первов А.Г., Андрианов А.П., Ефремов Р.В., Козлова Ю.В. Новые тенденции в разработке современных нанофильтрационных систем для подготовки питьевой воды высокого качества: обзор // Мембраны. 2005. № 1. С. 18-34.

15. Первов А.Г., Ефремов Р.В., Андрианов А.П., Макаров Р.И. Оптимизация использования процесса нанофильтрации при подготовке воды питьевого качества // Мембраны. 2004. Т. 23. № 3. С. 3-13.

16. Кедров В.С., Исаев В.Н., Орлов В.А., Пальгунов П.П., Сомов М.А., Чухин В.А.. Водоснабжение и водоотведение: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 2002. – 335 с.

17. Жмаков Г.Н. Эксплуатация оборудования и систем водоснабжения и водоотведения. М.: Издательство Инфра-М. 2005.

18. Орлов В.А., Квитка Л.А. Водоснабжение. М. Издательский дом Инфра-М. 2015. 443 с.

19. Исаев В.Н., Нечитаева В.А. Энергоресурсосбережение в системах водоснабжения // Водоснабжение и канализация. 2010. № 4. С. 88-91.

## САНТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ

*Демуцкая Ю.А., студентка 3-го курса 4 группы ИИЭСМ*

*Научный руководитель – Орлов Е.В., доц., к.т.н.*

К сантехническим приборам систем водоснабжения относят водоразборные приборы, подающие непосредственно потребителю воду определенного качества и под требуемым напором [1-7]. Это всем известные краны (подача воды только одной температуры, в основном холодной), смесители (подача воды, как холодной, так и горячей, путем ее смешивания для получения воды требуемой температуры) и поплавковые клапаны, наполняющие емкости до определенного уровня.

Также сантехнические приборы присутствуют и в системах водоотведения. Это всем известные мойки, раковины, умывальники, рукомойники, писсуары и т.д. [8-15]. Унитаз совмещает в своем корпусе одновременно сантехнические приборы, относящиеся как к системам водоснабжения (кран смывного бачка унитаза и поплавковые клапаны), так и к системам водоотведения (соответственно сама чаша унитаза с гидрозатвором и водным распределительным устройством).

Научно-технический прогресс не стоит на месте, и сегодня в мире начинают производиться новые виды сантехнических приборов, которые предназначены для использования домашними животными (кошками и собаками) [16]. Несомненно, что выпуск таких приборов становится необходимым фактором для обеспечения высокого качества проживания на территории и в зданиях, как для самих животных, так и для их хозяев.

Сантехнические приборы для домашних животных позволяют:

- повысить санитарию и гигиену в местах их использования;
- облегчить жизнь хозяев домашних животных (снижаются затраты на обслуживание хозяевами животных);

- повысить автономность проживания животных на случай отъезда хозяев из дома.

Сантехнические приборы, предназначенные для животных, могут быть использованы как напрямую в многоквартирных и частных домах, так и в специальных помещениях – гостиницах для животных, которые в последнее время широко набирают популярность, позволяя хозяевам оставлять на время своих питомцев под присмотром высококвалифицированных специалистов, уезжая, например, в отпуск или командировку.

В качестве водоразборных приборов сейчас на рынке можно встретить специальные автоматические поилки для животных (кошек и собак). Данные приборы имеют высокую надежность, позволяя хозяевам их эксплуатировать без особого труда.

Автоматические поилки лоткового типа по своей форме ничем не отличаются от обычных мисок, куда животным наливают чистую питьевую воду. Они состоят из пластмассового корпуса. В нем присутствуют две секции (рис. 1). Первая секция (закрытая, бак) представляет собой небольшую емкость с поплавковым клапаном, куда поступает вода из системы внутреннего холодного водопровода с помощью или гибкой подводки, или шланга. Объем резервуара невелик. Вторая секция поилки (открытая) – это непосредственно емкость, куда поступает чистая вода. Таким образом, после полного наполнения закрытой емкости часть воды уходит в открытый лоток, поплавковые клапаны закрывают подачу воды из системы внутреннего холодного водопровода в поилку.



**Рис. 1.** Автоматическая поилка для домашних животных

После того как животное испытало жажду, оно подходит к поилке и начинает потреблять воду, объем жидкости в лотке уменьшается. Вода из закрытой секции начинает поступать в лоток, а поплавковые клапаны открывают подачу воды опять в поилку, заполняя ее до необходимого уровня. Таким образом, в поилке вода не застаивается и автоматически обновляется, после водопоя животного. Пользователь может быть полностью уверен, что вода со временем не испортится. В некоторых моделях доступны про-

стейшие системы фильтрации, например, может устанавливаться фильтр из гранулированного угля. Некоторые модели поилок имеют возможность подогревать поданную из холодного водопровода воду до комнатной температуры, что обеспечивает высокую комфортность для животного.

Существуют также модели поилок, которые предназначены для использования на природе (дачный или коттеджный участок в теплое время года). Их специально автоматизируют на автоматическое включение при подходе к ним животного. В их корпус встраивается сенсор, который открывает подачу воды и автоматически ее закрывает после того, как животное отойдет на определенное расстояние. Такая поилка подключается к системе холодного водопровода, например, поливочный кран в огороде. Вода поступает через специальное сопло, расположенное под углом, что позволяет животному удобнее принимать воду. Данная модель легко монтируется и при необходимости может переставляться в другое место.

Промышленностью налажен выпуск специальных ванн для домашних животных (в основном для различных пород собак). Это позволяет мыть лапы и тело животного после их выгула на улице, что предотвращает перенос в квартиру из внешней среды опасных микроорганизмов и бактерий, а также грязи. Такую ванну целесообразно запроектировать и использовать в гостиницах для домашних животных, где выгул питомцев обязателен. Ванная имеет габаритные размеры 1200x690x480. Она снабжена кранами для подачи холодной и горячей воды, а также изливом и душем на гибкой подводке. Ванна выполняется из акрила, а также имеет специальную ручку для удобства опирания на нее руками при мытье домашних питомцев. В низу ванны расположен излив с гидрозатвором и специальная затычка, не пропускающая в канализацию волосы и шерсть от животных, способные вызвать засор в сети. Специальная форма ванны (открытая полусфера с одной стороны) позволяет животному проще забираться на прибор, а хозяину тщательно осматривать своего питомца после прогулки.

Промышленностью совсем недавно был создан и широко продается специальный туалет для кошек и пород собак небольших размеров, которые приучены к лотку (чихуахуа, тойтерьер и т.д.). Это автоматический туалет, имеющий бесконтактную систему смыва (сенсорную). Данный прибор работает следующим образом. Он подключается к системе внутреннего холодного водопровода, а также к системе внутренней канализации. После того, как животное воспользовалось туалетом, оно уходит с унитаза и ровно через 15 секунд сенсор дает команду на смыв. Загрязнения проходят гидрозатвор и по отводным трубам попадают в систему внутренней канализации. Таким образом, неприятные запахи больше не будут сильно беспокоить хозяина, в отличие от обычных лотков. Уровень гигиены будет поддерживаться на необходимом уровне. Исследования, проведенные изобретателями таких туалетов, подтверждают, что практически все кошки и собаки, приученные к лотку, пользуются данным прибором без каких-либо осечек. Никакого дискомфорта и страха домашние питомцы не ощущают, а привыкание происходит практически сразу же.

Применение данных высокотехнологичных сантехнических приборов на сегодняшний день в современных жилых домах является, скорее всего, определенной экзотикой по причине их высокой цены (например, стоимость унитаза составляет около 15 000 рублей), но их использование в гостиницах для домашних животных является необходимостью, т.к. позволяет обеспечить требуемый уровень санитарии и гигиены на объекте, значительно снизить трудозатраты персонала на уборку экскрементов от животных и организацию питьевого водоснабжения для постояльцев отеля.

### Библиографический список

1. Кедров В.С., Исаев В.Н., Орлов В.А., Пальгунов П.П., Сомов М.А., Чухин В.А.. Водоснабжение и водоотведение: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 2002. – 335 с.
2. Федоровская Т.Г., Викулина В.Б., Нечитаева В.А., Маслова О.Я. Водоснабжение и водоотведение жилой застройки. М.: Издательство АСВ. 2013. 144 с.
3. Жмаков Г.Н. Эксплуатация оборудования и систем водоснабжения и водоотведения. М.: Издательство Инфра-М. 2005.
4. Орлов В.А., Квитка Л.А. Водоснабжение. М. Издательский дом Инфра-М. 2015. 443 с.
5. Исаев В.Н., Нечитаева В.А. Энергоресурсосбережение в системах водоснабжения // Водоснабжение и канализация. 2010. № 4. С. 88-91.
6. Журов В.Н., Пугачев Е.А., Федоровская Т.Г., Комаров А.С., Викулина В.Б., Михайлин А.В., Нечитаева В.А. Водоснабжение и водоотведение жилого дома. М. Издательство АСВ, 2004. 32 с.
7. Чистякова А.В., Чухин В.А., Андрианов А.П. Автоматизация инженерных систем зданий. Системы водоснабжения // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2016. № 1 (97). С. 48-54.
8. Орлов В.А. Строительство и реконструкция инженерных сетей и сооружений. М.: Издательство Академия. 2010. 304 с.
9. Воронов Ю.В., Яковлев С.В., Алексеев Е.В., Алексеев С.Е. и др. Водоотведение и очистка сточных вод // учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Водоснабжение и водоотведение" направления подготовки дипломированных специалистов "Строительство" / под общ. ред. Ю. В. Воронова. Москва, Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009. (5-е издание, переработанное и дополненное). 760 с.
10. Орлов В.А. Трубопроводные сети. М. Издательство Лань. 2015. 160 с.
11. Исаев В.Н., Чухин В.А., Герасименко А.В. Интеллектуализация системы водоснабжения жилых и общественных зданий // Сантехника. 2010. № 6. С. 16-19.
12. Исаев В.Н., Нечитаева В.А., Кондратьев В.В. Структура водопотребления в жилых зданиях // Трубопроводы и экология. 2004. № 2. С. 26.

13. Бунькина И.А. Пути организации финансирования для оздоровления среды обитания на рекреационных территориях // Естественные и технические науки. 2015. № 3 (81). С. 244-246.

14. Наназашвили И.Х., Литовченко Б.А., Бунькина И.А. Благоустройство и экология в городской среде на территории высокоуплотненной застройки // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2005. № 1. С. 58-59.

15. Исаев В.Н., Чухин В.А., Герасименко А.В. Ресурсосбережение в системе хозяйственно-питьевого водопровода // Сантехника. 2011. № 3. С. 14-17.

16. Балавас М.Я., Аксенова Н.В., Балтрунайте О.Ю. Особенности проектирования систем водоснабжения и водоотведения гостиниц для домашних животных // Строительство – формирование среды жизнедеятельности: Сборник трудов Восемнадцатой Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (Москва, 22-24 апреля 2015 г.). Москва, 2015. С. 930-932.

## ВОДОСНАБЖЕНИЕ ГОРОДОВ В СРЕДНИЕ ВЕКА

*Толстая М.А., студентка 3-го курса 4 группы ИИЭСМ  
Научные руководители – Орлов Е.В., доц., к.т.н.*

Средневековье – исторический период, следующий после Античности и предшествующий Новому времени. Большинство историков склоняются считать начало Средних веков с падения Западной римской империи в конце V в. Конец эпохи – начало великих географических открытий в конце XV в.

После нашествия варваров в конце V в. и полного разгрома Западной римской империи с уничтожением накопленной многими веками культуры в течение практически 1000 лет воцарилась эпоха застоя практически во всех сферах развития человеческого общества.

Большое влияние на развитие мировоззрения людей того времени оказывала философия Средневековья, которая характеризовалась теоцентричностью взглядов и приверженностью идеям креационизма. Наука в полном понимании находилась в глубоком упадке, в том числе гигиена и санитария.

Средневековый город, в котором жили люди, представлял собой скученное поселение, обнесенное большими и толстыми стенами, окруженное ровом. Полностью отсутствовали инженерные сети, к которым относят водоснабжение и водоотведение, в том числе и ливневую канализацию.

Отношение к воде людей того времени было, в большинстве случаев, положительным. Воду применяли для борьбы с нечистой силой в качестве орудия против ведьм. Например, часто проводился обряд испытанием водой для выяснения вины или невинности обвиняемых в колдовстве. Заподозренную ведьму связывали по рукам и ногам, а затем бросали в воду, чтобы посмотреть, останется ли она на поверхности или утонет. Считалось,

что невинные погрузятся в воду и их душа будет спасена, а виновные станут плавать, после чего их отправляли на костер.

Воду, освященную в церкви (святая вода), часто использовали священники при проведении обряда экзорцизма (изгнание бесов) из людей. Ею опрыскивали дома, урожай, скот, чтобы защититься от чар ведьм [1-2].

Большинство городов того времени (Париж, Лондон) создавались и застраивались на берегу больших и полноводных рек, что позволяло их жителям забирать воду и использовать ее в больших количествах на различные цели. В основном вода забиралась ручным способом с помощью ведер [3-5]. При наличии подземных или подрусовых вод в конкретной местности потребители сооружали примитивные шахтные колодцы, стенки которых укрепляли камнями, глиной или досками. Оголовок также выполнялся из таких же материалов. Вода забиралась с помощью примитивных водоподъемных устройств (ворота и ведра).

Водоснабжение средневекового города также осуществлялось от нескольких фонтанов, расположенных на центральной площади, откуда жители забирали воду ведрами и несли к себе домой. Централизованного водопровода тогда не было. Фонтаны выполняли архитектурно-декоративную функцию, также в теплую погоду в них часто спасались от жары. Фонтаны могли работать по принципу сообщающихся сосудов (вода стекала от высокой отметки земли к низкой). Также имелись и фонтаны природного происхождения - фонтанирующие небольшими струями родники.

В основном воду использовали на питьевые и примитивные производственные нужды, т.к. промышленности в полном понимании этого слова не было. Объемы потребления были невелики [6-7]. Также в каждом городе обязательно обустраивали дополнительный источник подземной воды, для чего вырывали колодец (в большинстве случаев на территории замка феодала). Это было необходимо на случай долгой осады города во время различных войн. Город, который имел не только поверхностную воду, но и подземную, был способен продержаться в осаде несколько месяцев до подхода военного подкрепления.

Систем водоотведения не было. Феодалы в своих замках проектировали специальные туалеты – дацкеры. Они представляли собой большие башни (их основная функция – оборонительная и дозорная), которые возводились за пределами замка и соединялись с ним крытыми переходами. Чтобы стоки отводились от города, дацкеры проектировали на ручье или реке, куда попавшие нечистоты уносились вниз по течению.

Простые ремесленники и крестьяне выливали нечистоты из окон и дверей прямо на улицу. Понятие выгребов отсутствовало. Отходы текли по городу, где стоял непередаваемый аромат.

В средневековых городах после сильных ливней передвигаться по городу было невозможно. Уровень воды поднимался очень высоко, а ливневой канализации не было. Именно тогда для передвижения в плохую погоду стали пользоваться ходулями. Во время дождя по улицам неслись потоки нечистот, которые вымывали из укромных мест всю грязь. Иногда обра-

зовывались настоящие фекальные реки, которые фильтруясь в землю, загрязняли грунтовые воды в колодцах.

Вода из открытых источников, например, фонтанов также часто загрязнялась. Очистки природных вод и обеззараживания тогда не существовало. Также нечистоты, сброшенные в верховье реки, приходили в низовье, откуда также люди брали воду на питьевые нужды [8-10]. Это приводило к появлению большого количества заболеваний инфекционного типа, из-за которых в городе умирало больше людей, чем при военных действиях. Были распространены оспа, чесотка, дизентерия, тиф, холера, эпидемии которых практически полностью уничтожали все население города. Ситуацию также осложняло наличие большого количества кладбищ в центральных частях города, которые расширялись в сторону городской застройки, и отсутствие зон санитарной охраны. Из-за этого происходило загрязнения подземных вод.

Совсем не развивалась медицина, которая переключивалась с магии. При вспышке различных эпидемий находится в городе было опасно. Единственным выходом в то время был следующий совет всем жителям города - бежать из заражённой местности скорее, дальше и возвращаться позже!!!

Мусор, также как и фекалии, не удалялся из городов, а выбрасывался на улицу. Запахи гниющих пищевых отходов приманивали крыс, которые становились великолепными переносчиками различных инфекционных заболеваний. Свою отрицательную роль приносила и инквизиция. Во многих местах причиной вспыхнувших эпидемий признавали черных кошек, которые якобы были слугами дьявола. Массовые истребления кошек приводили к еще большему увеличению численности крыс и росту заболеваний.

Инквизиция, теологи и философы того времени способствовали замутнению сознания простых людей. Велась пропаганда против принятия ванн и мытья тела. В Средние века считалось, что в очищенные поры может проникнуть зараженный инфекцией воздух. Поэтому придерживались мнения о том, что водные ванны ослабляют организм и это может вызвать болезни и даже смерть. В большинстве случаев люди мылись не чаще 2 раз в год. Бенедикт Нурсийский – философ, родоначальник западного монашеского движения – предупреждал, что «здоровым телесно и в особенности молодым по возрасту следует мыться как можно реже».

Все другие мысли, отходящие от священного писания, строго карались и преследовались, в том числе попытки лечения больных людей, выяснения причин эпидемий, прекращение сбросов сточных вод в природные водоёмы и т.д. Во всем винили нечистые силы, а разобраться в проблеме не давала церковь и инквизиция.

Ситуация, сложившаяся в средневековых городах, началась меняться к лучшему только после изменения человеческих мировоззрений. Это произошло после появления новой эпохи в истории культуры, которую называют Возрождением или Ренессанс.

До появления Ренессанса начала меняться и философия. Английский философ Уильям Оккам (ок. 1285-1347) своими взглядами отделяет фило-



софию от религии, таким образом, давая им возможность самостоятельно развиваться, чего не было ранее (философия была служанкой богословия).

Эпоха Ренессанса полностью меняет мировоззрение человека того времени. Возникает интерес к культуре, появляется гуманизм и антропоцентризм (интерес к человеку и его деятельности).

Вместе с этим повышается уровень гигиены и санитарии, происходит новый взгляд на человеческое тело, что отражается в работах художников и скульпторов того времени, чего ранее не было в Средние Века. Вместе с этим улучшается культура водопользования.

Начинает бурно развиваться наука. В некоторых городах Англии и Франции появляются первые прообразы насосов, начинается очистка улиц от мусора. На законодательном уровне запрещается загрязнение дорог и территории населенных пунктов нечистотами. Начинают возводиться первые централизованные водопроводы в городах Европы и Нового света. Например, в Лондоне первые домовые водопроводы из свинцовых труб начали устраиваться с конца XVI века, также начинают применяться деревянные трубы для уличной сети. Медицина начинает идти вперед, а уровень жизни человека становится значительно лучше. Таким образом, происходит понимание и осмысление ошибок прошлых лет.

В заключении необходимо перечислить основные моменты, которые тормозили развития систем водоснабжения и водоотведения в Средние века. Это философские взгляды того времени (теоцентризм вместо антропоцентризма), отсутствие развития научной мысли по причине деятельности инквизиции, низкий уровень знаний того времени из-за маленького количества учебных заведений и ученых.

Несмотря на то, что Средние века закончились, их отголоски можно встретить и в современном мире. Это касается некоторых развивающихся стран (страны Африки, Азии и т.д.), где по причине отсутствия современных систем водоснабжения и водоотведения проявляются признаки смутного средневековья, например, вспыхивают различные виды инфекционных заболеваний (тиф, холера и т.д.), уже давно побежденные в развитых странах. Поэтому имеются еще вопросы, которые надо решать. Есть надежда, что печальный опыт Средних веков позволит это сделать в ближайшее время.

#### Библиографический список

1. Орлов Е.В., Балтрунайте О.Ю. Дом винчестеров. Пример нестандартного подхода к архитектуре и инженерным системам при строительстве и проектировании // Техника и технологии мира. 2015. № 5. С. 37-45.

2. Орлов Е.В., Балтрунайте О.Ю. Средние века. Особенности исторического развития водоснабжения и водоотведения // Техника и технологии мира. 2015. № 4. С. 43-47.

3. Орлов Е.В., Аксёнова Н.В., Балавас М.Я. Вода и устойчивое развитие. Основные идеи по улучшению водоснабжения городов и сохранению природного наследия // Техника и технологии мира. 2015. № 4. С. 37-42.

4. Орлов Е.В. Причины и предпосылки. Возникновение экологического движения в современном мире // Технологии мира. 2013. № 6. С. 43-47.
5. Кудряшова Г.Н., Мельников Ф.А., Серов А.Е. Инженерные сети городов. Проблемы, возникающие при расширении границ современных мегаполисов на примере города Москвы // Техника и технологии мира. 2015. № 5. С. 31-35.
6. Орлов Е.В. Водно-и ресурсосбережение. Жилые здания коттеджных и дачных поселков // Технологии мира. 2012. № 10. С. 35-41.
7. Орлов Е.В. Час земли. Общественный призыв к решительным мерам по сохранению природных ресурсов нашей планеты // Техника и технологии мира. 2014. № 2. С. 45-47.
8. Орлов Е.В. Основные источники загрязнения природных вод. Мероприятия по охране природных источников от загрязнения и истощения // Технологии мира. 2013. № 5. С. 35-47.
9. Орлов Е.В., Волков К.А., Юнчина М.Н., Мельников Ф.А., Серов А.Е. Загрязнение природы. Влияние военных конфликтов на состояние водной и воздушной сред обитания // Техника и технологии мира. 2014. № 10. С. 31-37.
10. Орлов Е.В., Мельников Ф.А., Серов А.Е., Аксенова Н.В., Балавас М.Я. Трубопроводы временного назначения. Эксплуатация на строительных площадках для удаления отходов // Техника и технологии мира. 2015. № 2. С. 29-32.

## **ПРИМЕНЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ**

*Иванова А.Д., студентка 4-го курса 1 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Андрианов А.П., доц., к.т.н.*

Один из важнейших этапов подготовки воды – это обеззараживание. На протяжении долгого времени специалисты ведут поиск наиболее эффективных и в тоже время безопасных методов обеззараживания.

В относительно недавнее время (20-30 лет назад) было установлено, что лямблии и криптоспоридии, вызывающие заболевания населения, передаются через питьевую воду, удовлетворяющую нормативным требованиям по колиформным бактериям. Эти формы микроорганизмов особы устойчивы к традиционным методам обеззараживания.

Один из самых распространенных в мире и проверенных временем методов обеззараживания воды – хлорирование. Широкое применение хлорсодержащих реагентов обусловлено высокой эффективностью дезинфекции воды, низкой стоимостью и простотой аппаратурного оформления. Существенный недостаток хлорирования – присутствие в обработанной воде побочных продуктов хлорирования, ухудшающих ее органолептические свойства и опасных для здоровья.

Также к известным способам обеззараживания относится озонирование. Преимущество озона заключается в его высоких окислительных и дезинфицирующих свойствах, обусловленных выделением активного атомарного кислорода, окисляющего органические соединения, которые придают воде окраску и неприятный запах и разрушающего ферментные системы микробных клеток.

Распространение технологии озонирования ограничивается высокой стоимостью оборудования, большим расходом электроэнергии, сложностью обслуживания. Кроме того, озонирование не имеет так называемого эффекта пролонгации дезинфицирующего воздействия, которое необходимо для протяженных сетей, в особенности при повышении температуры транспортируемой воды.

Обработка ультрафиолетовым облучением – известный способ дезинфекции воды. При этом применяется свет с длиной волны 254 нм (или близкой к ней), который называют бактерицидным. УФ-облучение уничтожает также и споровые формы бактерий. Этот способ приемлем как в качестве альтернативы, так и дополнения к традиционным средствам дезинфекции, поскольку безопасен и эффективен. Важно отметить, что этот способ является безреагентным и не ухудшает органолептические свойства воды.

Вместе с тем, обеззараживание ультрафиолетом имеет определенные недостатки. Подобно озонированию, УФ не обеспечивает пролонгированного действия, что ограничивает его применение для больших городов с протяженной сетью. УФ-установки широко используются для индивидуального водоснабжения и в малых установках очистки воды. Организация процесса УФ-обеззараживания требует больших капитальных вложений, чем хлорирование, но меньших, чем озонирование. Более низкие эксплуатационные расходы делают УФ-обеззараживание и хлорирование сопоставимыми в экономическом плане.

Помимо этих основных и уже знакомых методов обеззараживания питьевой воды существуют ряд других, используемых на практике гораздо реже. К ним относятся: электроимпульсный способ, ультразвуковой способ, комплексное обеззараживание, применение новых реагентов.

Достаточно новым способом обеззараживания воды является электроимпульсный способ. Суть метода заключается в иницировании одного или серии электрических разрядов в потоке жидкости. При этом в воде происходит большое количество явлений: образование ударных волн сверхвысокого давления, образование озона, кавитация, интенсивные ультразвуковые колебания, возникновение импульсивных магнетических и электрических полей, повышение температуры. Результатом всех этих явлений является уничтожение в воде практически всех патогенных микроорганизмов. Основным преимуществом электроимпульсного способа обеззараживания питьевой воды является экологическая чистота, а также возможность использования в больших объемах жидкости. Однако этот способ имеет ряд недостатков, в частности относительно высокую энергоемкость ( $0,2-1 \text{ кВтч/м}^3$ ) и, как следствие – дороговизну.

Для обеззараживания воды также используется ультразвук (частота звуковых колебаний от 20000 до 1000000 Гц). Действие ультразвука предположительно вызывает образование пустот в сильно завихренном пространстве, что ведет к разрыву клеточной стенки бактерии, а также выделение растворенного в жидкости газа, при этом пузырьки газа, находящиеся в бактериальной клетке, вызывают ее разрушение.

К преимуществам ультразвука можно отнести независимость его воздействия от таких факторов, как высокая мутность и цветность воды, характер и количество микроорганизмов, а также наличие в воде растворенных веществ. Единственный фактор, который влияет на эффективность обеззараживания – это интенсивность ультразвуковых колебаний.

Обеззараживание и очистка воды ультразвуком считается одним из новейших и перспективных методов дезинфекции. Экономически он также достаточно привлекателен.

В практике питьевого водоснабжения в последнее время стали применяться новые химические соединения, обладающие бактерицидным действием, в первую очередь, к ним относится полигексаметиленгуанидин гидрхлорид (ПГМГ-гидрхлорид) и аналогичные соединения.

ПГМГ-гидрхлорид наиболее известно под торговой маркой «Дезавид». «Дезавид» – первый и единственный в мировой практике, не содержащий хлор, разрешенный для обеззараживания всех видов воды: питьевой, сточных и оборотных вод, воды плавательных бассейнов. Препарат разработан российскими специалистами.

Преимущества ПГМГ-гидрхлорида:

- обладает сильными бактерицидными свойствами;
- не является окислителем и не вызывает привыкания вирусов и бактерий к препарату;
- безопасен для человека, животного, растительного мира и окружающей среды (относится к 4 классу умеренно опасных веществ при введении в желудок, к 4 классу малоопасных веществ при нанесении на кожу и к 5 классу практически нетоксичных веществ при парентеральном введении);
- безвреден по отношению к любым контактирующим материалам;
- обладает пролонгированным действием;
- экономичен;
- безопасен при хранении, транспортировке и использовании;
- предотвращает биообрастание.

Данный вид обеззараживания используется в городе Череповец, В. Новгороде, Вологде и некоторых других городах России.

К минусам данного вещества можно отнести то, что он в отличие от хлора, не испаряется, не разлагается, не удаляется с помощью кипячения и т.д., то есть попадет в организм человека вместе с водой. Высокая стойкость этого химического соединения, возможные токсические продукты реакции с другими веществами вызвали беспокойство население, ожесточенные споры и критику данного метода обеззараживания.

За рубежом в системах водоснабжения иногда используется диоксид хлора ( $\text{ClO}_2$ ) – газ, который обладает высоким бактерицидным и дезодорирующим действием (больше, чем у других хлорсодержащих реагентов). Действие на болезнетворную флору  $\text{ClO}_2$  обусловлено не только высвобождающимся при гидролизе свободным хлором, но и образующимся атомарным кислородом. Именно это сочетание делает диоксид хлора более сильным обеззараживающим агентом. К его преимуществам относятся отсутствие в обработанной воде хлорорганических соединений, улучшение органолептических качеств воды, относительная безопасность применения. В то же время диоксид хлора нельзя транспортировать из-за повышенной взрывоопасности, и он должен производиться на месте по достаточно сложной технологии. Его применение имеет перспективу для установок относительно небольшой производительности.

Во многих случаях наиболее эффективным оказывается комплексное применение методов обеззараживания воды.

Сочетание УФ-обеззараживания с последующим хлорированием малыми дозами обеспечивает как надежное обеззараживание, так и отсутствие вторичного биозагрязнения воды. По такому способу обрабатывают питьевую воду, например, в Санкт-Петербурге.

Аналогично можно сочетать озонирование, при котором уничтожаются микроорганизмы и разрушается часть органических загрязнений, с последующим хлорированием малыми дозами, что обеспечивает отсутствие вторичного биозагрязнения воды. При этом резко сокращается образование токсичных хлорорганических веществ.

Фирмой «Сварог» производится новое поколение бактерицидных устройств для обеззараживания воды ультрафиолетом с применением ультразвука. Использование кавитаторов (ультразвуковых излучателей) в составе бактерицидных УФ-установок позволяет производить обеззараживание воды и стоков без биообрастания и соляризации поверхностей ультрафиолетовых излучателей.

В настоящее время существует целый ряд альтернативных методов обеззараживания воды, имеющих свои плюсы и минусы. Из них наиболее перспективными кажутся комбинированные методы, а также применение ПГМГ-гидрохлорида, что, однако, требует еще долгосрочных наблюдений.

#### Библиографический список

1. Ахмедова О.О. Теоретическое обоснование параметров локальной установки обеззараживания сточных вод электрофизическими методами воздействия // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. №9-2. С. 215-220.

2. Василяк Л.М., Смирнов А.Д. Возможности использования ультразвука для обеззараживания воды // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 9. С. 49-56.

3. Орлов В.А., Квитка Л.А. Водоснабжение: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2015. 443 с.

4. Пырскова А.Н. Современные методы обеззараживания питьевой воды // Сборник материалов VI всероссийской, 59-й научно-практической конференции молодых ученых с международным участием. 2014. С. 463.

5. Москаленко А.П., Денисов В.В., Гутенев В.В., Хасанов М.Б. Эколого-экономические показатели использования хлорсеребряного способа обеззараживания питьевой воды в системах централизованного водоснабжения // Проблемы региональной экологии. 2000. №4. С. 21-27.

## **СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ – ОСНОВА РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОГО ОБЩЕСТВА**

*Толстая М.А., студентка 3-го курса 4 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Михайлин А.В., доц.*

Вода является ценным ресурсом на нашей планете, без которого невозможна жизнь в любых ее проявлениях. Около 71 % поверхности Земли заполнено водой, однако большое ее количество напрямую непригодно для водоснабжения из-за высокой солености. Доля пресных водных ресурсов от общего объема воды на планете не превышает 3,5 % [1-2].

Ранее вода использовалась только на питьевые нужды. Ее объемы были невелики. Затем после появления промышленности и сельского хозяйства забор и потребление воды сильно увеличились, что привело в дальнейшем к ее загрязнению сточными водами, т.к. должная очистка в те времена была недоступна.

В XX веке водные объекты стали бессовестно эксплуатировать для проведения экспериментов при использовании ядерного оружия многими странами ядерного блока, в том числе СССР и США.

Далее вода стала использоваться в качестве теплоносителя на атомных и тепловых электростанциях для выработки электрической энергии, которая затем по линии электропередачи (ЛЭП) поступала в город или населенный пункт. Например, для получения 1 млн кВт мощности от атомной электростанции необходимо потратить около 3,5–4 км<sup>3</sup> воды.

Кроме того, водные ресурсы активно используются для бальнеологических целей, например, в санаториях и домах отдыха для лечения разных видов нервных или сердечно-сосудистых заболеваний у населения. Здесь применяется не только минеральная вода, добытая из источников, но и специально подготовленная пресная [3-4].

Вода также является основным поставщиком в человеческий организм необходимых веществ, без которых нормальная жизнедеятельность становится невозможным. Например, было установлено в середине XX века сразу несколькими русскими учеными С.Н. Черкинским, Т.А. Николаевой и Р.Д. Габовичем, что заболевание кариесом напрямую зависит от наличия в воде малой дозы фтора. Поэтому было принято решения для профилактики борьбы с болезнью искусственно фторировать воду (обогащать питьевую воду фтором) до необходимых показателей (0,7-1,2 мг/л). Таким образом, количество случаев заболеваний значительно снизилось.

Дальнейшие разработки в области медицины, основанные на воде, были проведены американским ученым иранского происхождения Ф. Батмангхелиджем, который являлся учеником А. Флеминга, впервые выделившего первый антибиотик. Доктор заявлял, что потребление качественной питьевой воды, содержащий необходимые соли и микроэлементы, позволяет избежать и предупредить многие виды различных заболеваний (остеопороз, рахит и т.д.).

Также вода играет важную роль для физического развития и закаливания организма с целью предупреждения различных заболеваний. Создатель и вдохновитель идеи о здоровом образе жизни П.К. Иванов практиковал обливание холодной водой и обтирание. Это помогало перестроить работу организма, который становился более стойким к различным простудным заболеваниям.

Необходимо не забывать, что водная стихия является единственной сферой обитания для различных видов живых организмов (рыбы, планктон и т.д.). Возможная гибель одних организмов из-за загрязнения водных объектов может впоследствии вызвать гибель и других, т.к. нарушается пищевая цепочка природной среды [5-7].

В последнее время по причине увеличения численности населения возникает две крупнейшие проблемы, с которыми необходимо бороться. Это большие и нерациональные потери (утечки), а также неэффективное потребление водных ресурсов. Первая проблема связана с устаревшим оборудованием систем водоснабжения во многих городах современного мира. Например, многие развивающиеся страны находятся за чертой бедности и не способны применять дорогие и перспективные технические решения и новое оборудование, способные значительно улучшить работу систем водоснабжения [8-9].

Ко второй проблеме относят нерациональное использование водных ресурсов. Например, имеется большое количество предприятий, атомных и теплоэлектростанций (АЭС и ТЭС), которые не работают по замкнутому циклу, а постоянно забирают воду на свои технологические процессы, загрязняя и некачественно ее очищая. Это свойственно не только развивающимся странам, но и развитым. В качестве причины видно несовершенство водного законодательства, а также отсутствие желание вкладываться в современные ресурсосберегающие системы.

Стоит также отметить большие потери воды при организации нерационального сельского хозяйства, которое сейчас производит продуктов в разы больше, чем человечество может потребить. Большое количество продукции, выращенной на полях, орошаемых большим количеством воды, полностью не раскупается в торговых точках, а затем после окончания срока годности списываются сотрудниками магазинов и отправляются на свалки. Такая типичная картина свойственна современным большим городам мира.

В современных городах имеются большие проблемы с трубопроводными системами водоснабжения, теплоснабжения, канализации, которые устарели и начинают выходить из строя, давая большие сбои в работе, что приводит к многочисленным авариям. Это ведет к солидным денежным

вливаниям в их реконструкцию. Поэтому перспективно применять современные и экологичные методы бестраншейной прокладки и реновации подземных инженерных сетей, что сейчас осуществляют в больших городах, правда скорость замены устаревших трубопроводов оставляет желать лучшего.

Дополнительно стоит перечислить еще популяризацию в нашем мире современных систем водо- и ресурсосбережения (бесконтактные водоразборные приборы и приемники сточных вод, счетчики воды, безводные писсуары и т.д.). Это позволяет простому пользователю включаться напрямую в работу по экономии ценного ресурса, которым является вода на планете Земля.

Необходимо отметить, что современное и устойчивое развитие любого государства невозможно без организации централизованного водоснабжения, применения перспективных методов очистки сточных вода, а также введения новых методов водо- и ресурсосбережения. Только так можно уменьшить пагубное влияние на окружающую природную среду и сохранять ее для будущих поколений, создавая экологически устойчивое пространство, в котором главенствующую роль, без сомнения, будет отведена именно воде.

#### Библиографический список

1. Орлов Е.В., Аксёнова Н.В., Балавас М.Я. Вода и устойчивое развитие. Основные идеи по улучшению водоснабжения городов и сохранению природного наследия // *Техника и технологии мира*. 2015. № 4. С. 37-42.
2. Орлов Е.В. Причины и предпосылки. Возникновение экологического движения в современном мире // *Технологии мира*. 2013. № 6. С. 43-47.
3. Кудряшова Г.Н., Мельников Ф.А., Серов А.Е. Инженерные сети городов. Проблемы, возникающие при расширении границ современных мегаполисов на примере города Москвы // *Техника и технологии мира*. 2015. № 5. С. 31-35.
4. Орлов Е.В. Водо-и ресурсосбережение. Жилые здания коттеджных и дачных поселков // *Технологии мира*. 2012. № 10. С. 35-41.
5. Орлов Е.В. Час земли. Общественный призыв к решительным мерам по сохранению природных ресурсов нашей планеты // *Техника и технологии мира*. 2014. № 2. С. 45-47.
6. Орлов Е.В. Основные источники загрязнения природных вод. Мероприятия по охране природных источников от загрязнения и истощения // *Технологии мира*. 2013. № 5. С. 35-47.
7. Орлов Е.В., Волков К.А., Юнчина М.Н., Мельников Ф.А., Серов А.Е. Загрязнение природы. Влияние военных конфликтов на состояние водной и воздушной сред обитания // *Техника и технологии мира*. 2014. № 10. С. 31-37.
8. Орлов Е.В. Инженерные системы зданий и сооружений. Водоснабжение и водоотведение. М.: Издательство АСВ. 2015. 216 с.
9. Орлов Е.В. Водоснабжение. Водозаборные сооружения. – М. Издательство Ассоциации строительных вузов. 2015. 136 с.



## ЭЛЕКТРОДНЫЕ И ПЕЛЛЕТНЫЕ КОТЛЫ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ЧАСТНЫХ ДОМАХ

*Конорева Д.И., студентка 4-го курса 5 группы ИГЭС  
Научный руководитель – Спицов Д.В., доц., к.т.н.*

Когда вы задумываетесь об установке отопительной системы и нагреве горячей воды в вашем загородном доме, то нужно сделать выбор между ее различными видами. Но непосвященному человеку сложно принять решение о том, какой вид выбрать, и понять, почему именно его стоит приобрести в вашем случае. Выбор системы сильно зависит от размера бюджета, площади ее установки, ежемесячных затрат и эффективности нагрева горячей воды. Для подробного рассмотрения мы выбрали 2 вида котлов – это электродный и пеллетный котлы, которые рассмотрим подробнее.

Чем же отличаются эти котлы? Главное их отличие в способе нагрева теплоносителя и непосредственно в самом теплоносителе.

Первая необходимость использования электродных котлов возникла на подводных лодках, так как там нет возможности сжигать какое-либо из видов топлива, к тому же теплоносителем в электродном котле может выступать соленая вода, которой там в избытке. Со временем эта система вышла на бытовой уровень и используется для отопления и горячего водоснабжения в частных домах.

Электродный котел представляет собой прибор прямого действия. В нем вода нагревается путем прохождения тока через теплоноситель. Нагрев происходит из-за хаотичного движения ионов теплоносителя с частотой 50 Гц. Эффективность нагрева зависит от особенностей теплоносителя. Тепловая энергия производится за счет движения ионов. Она передается теплоносителю. Так электродный котел экономит до 40% электроэнергии по сравнению с другими разновидностями котлов с электропитанием.

Габариты электродного котла настолько малы, что дает возможность установки в любом месте без нарушения эстетического убранства жилья. Простая конструкция позволяет уменьшить габариты прибора и сократить его стоимость, отсутствие опасности пожара при повреждении контура и вытекании теплоносителя. В этом случае котел просто отключится, так как электрическая цепь, частью которой является теплоноситель, разомкнется. У электродного котла имеется двухканальный навигатор, на котором задается температура, и когда система достигает этой заданной температуры, автомат отключается, так же специально для владельцев загородной недвижимости разработчики придумали блок управления со спутниковой связью: котлу можно позвонить по телефону и "попросить" прогреть помещение к приезду хозяина до нужной температуры.

Но стоит учитывать, что во-первых электроды подвержены отложению накипи, отчего снижается их мощность, во-вторых с чугунными радиаторами электродные котлы отопления работают, как обычные котлы, то есть экономия здесь не получается, в-третьих уровень электробезопасности не-

большой, так как ток в таких котлах пропускается через теплоноситель, то имеется риск поражения током. Использовать же устройство автоматического отключения вместе с электродным котлом нельзя, УЗО будет постоянно отключаться из-за больших утечек тока. Необходимость надежного заземления при этом очевидна. К тому же обычные тосола, антифризы и дистиллированная вода не годятся в качестве теплоносителя в электродных котлах, а только антифризы, предназначенные для именно таких котлов. К сожалению, цена таких антифризов пока ещё высока. Обычная же вода требует подготовки. И пожалуй, самый не приятный фактор – это зависимость от электроснабжения, нет электричества - нет тепла и горячей воды.

Второй вид котлов – это пеллетные. Потребителей они привлекают относительно невысокой стоимостью, доступностью топливного материала и простотой обслуживания, за счет автоматизации процесса нагрева. В качестве топлива используются пеллеты, представляющие собой гранулы, состоящие из древесных отходов: прессованных древесных обломков, щепок, стружек.

Пеллетный котел состоит из бункера для топлива, автоматики и горелки. Пеллеты по внешнему шнеку поставляются в предтопку, а из нее по внутреннему шнеку подаются на форсунку горелки. После попадания гранул на форсунку, происходит автоматический розжиг и поданные пеллеты сжигаются полностью.

Для установки пеллетных котлов необходимо подготовить специальное сухое помещение, например подвал или пристройку, пол, в котором, должен быть выполнен из керамической плитки или бетона с постоянной температурой около +10°C. Так же необходимо предусмотреть достаточное место для обслуживания, а именно закладывания пеллетов, прочистки зольного ящика и прочистки дымогарных каналов.

Стоит отметить все преимущества установки такого вида котлов: потребление электроэнергии вентилятором и автоматики сводится к минимуму, маленький объем золы и сажи, по сравнению с котлами на твердом топливе, корпус не греется, за счет чего абсолютно безопасен для детей и животных. Они подходят для обогрева, как небольших домов, так и огромных промышленных зданий. В ассортименте современных производителей представлены устройства этого типа мощностью от 15 кВт до нескольких мВт. Они могут не только отапливать дом, но и давать горячее водоснабжение.

Пеллетные приборы более чем в два раза дешевле, чем дизельные, почти вчетверо, чем электрические, и примерно на треть эффективнее, чем обычные дровяные.

Исходя из рассмотренных котлов для горячего водоснабжения и отопления, можно выбрать подходящий именно вам. Каждый из этих видов имеет большие преимущества: электродные котлы не требуют много места и при этом коэффициент полезного действия около 97%, у пеллетных котлов безопасность в обслуживании и низкая цена топлива. Поэтому если газ провести сложно и при этом вы хотите не переплачивать за отопление и горячую воду, котлы на пеллетах – это то, что вам необходимо.

## Библиографический список

1. Никитко И., Водоснабжение, канализация и отопление загородного дома. – Санкт-Петербург, Питер, 2013.
2. Орлов В.А., Квитка Л.А. Водоснабжение: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2015.
3. Покотилов В.В. Системы водяного отопления. – Вена, Герц Арматурен ГмБх, 2008.
4. СП 60.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: Госстрой России, 2004.
5. Сайт: Водяное отопление дома [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vodotopim.ru/>, свободный.

### **ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ «ЗЕЛЕННЫХ» ИНГИБИТОРОВ ПРИ ОПРЕСНЕНИИ ВОДЫ ЧЕРНОГО МОРЯ МЕТОДОМ ОБРАТНОГО ОСМОСА**

*Семенкова В.В., магистрант 2-го курса 1 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Первов А.Г., проф., д.т.н.*

В настоящее время освоение приморских районов и недостаток воды питьевого качества (например, Крым) требуют обращаться к нетрадиционным источникам воды: скважинам с соленой водой и морской воде. В мире накоплен большой опыт решения проблем питьевого водоснабжения из морской воды, например, на Кипре, на Мальте, в Калифорнии, в Израиле. Известны крупнейшие в мире установки, основанные на применении метода обратного осмоса.

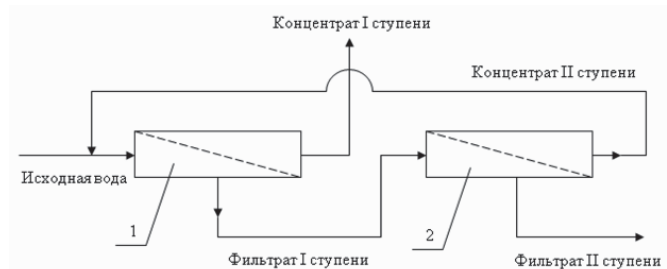
Так же и в Крыму ожидается как строительство больших опреснительных установок для водоснабжения целых городов, а также небольших систем, разбросанных по территории и используемых для водоснабжения сельских поселений и сельхозпредприятий.

Вместе с решением проблемы питьевого водоснабжения населения, опреснительные установки несут целый ряд экологических проблем. Для предотвращения образования солей карбоната и сульфата кальция в установках используются ингибиторы – органические полимеры, основанные на производных фосфоновых кислот [1, 2]. Ингибиторы, помимо углерода, содержат биогенные элементы, фосфор и азот. Сброс концентратов установок обратного осмоса по расходу превышает расход получаемой питьевой воды. Концентраты установок обратного осмоса содержат ингибиторы в количестве 30–40 мг/л и направляются в море, тем самым вызывая загрязнение морской воды, эвтрофикацию, гибель живых организмов.

Поэтому целью настоящей работы было изучение эффективности новых ингибиторов, не содержащих фосфор, при их использовании в опреснении морской воды. Вместо солей фосфоновых кислот, содержащих фосфор, предлагается использовать производные акриловой и полиаспаргиновой кислот [3].

До недавнего времени опреснение морской воды производилось с помощью специальных обратноосмотических мембран высокого давления, что позволяло снизить солесодержание воды с 30 граммов до 300-500 миллиграммов в одном литре. Процесс проходит под давлением 60-70 атм.

Это требует высоких затрат на электроэнергию и на дорогостоящее оборудование высокого давления. В настоящее время для экономии затрат процесс опреснения воды разделен на 2 стадии, на две ступени (рис. 1).

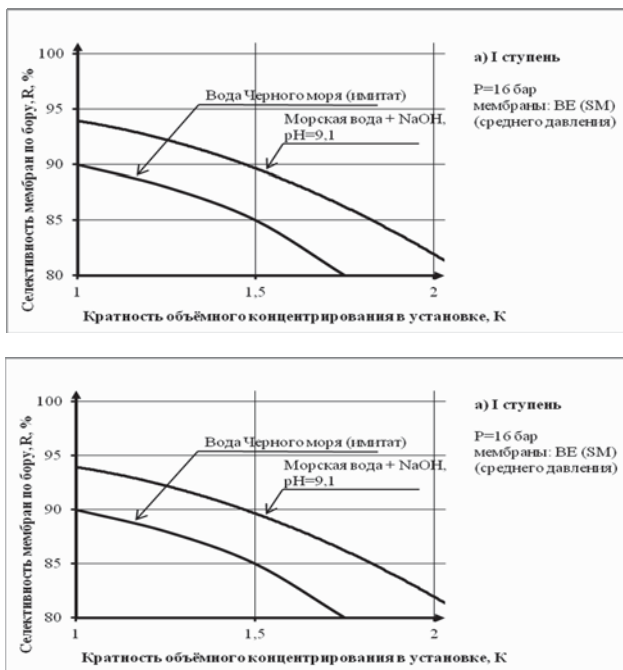


**Рис. 1.** Технологическая схема опреснения морской воды в 2 ступени: 1 – мембранный аппарат I ступени; 2 – мембранный аппарат II ступени

Морская вода сначала проходит через мембраны высокого давления на первой ступени, при этом получается умягченная солоноватая вода с солесодержанием 5-10 г/л. Процесс происходит при давлении 12-16 атм. Получаемая солоноватая вода проходит через вторую ступень с мембранами низкого давления, при этом получается вода с солесодержанием менее 1000 мг/л, соответствующая требованиям, предъявляемым к питьевой воде. Но недавно возникла новая проблема – ужесточились требования Всемирной организации здравоохранения по содержанию в опресненной воде бора, точнее, борной кислоты. Борная кислота – слабая кислота, и эффективность ее очистки мембранами зависят от величины pH опресняемой воды. На рис. 2 показаны зависимости эффективностей задержания бора мембранами первой и второй ступени в зависимости от величины pH [5].

При значении pH морской воды 7-7,7 бор снижается всего в 2-3 раза, а если величину pH поднять до значения 9-10, то бор снижается уже в 20 раз. Для того чтобы улучшить очистку от бора, в воду перед обработкой на мембранах добавляют щелочь, обычно едкий натр. Обычно подщелачивают воду после первой ступени опреснения, а не исходную морскую: у морской воды очень высокое значение жесткости, поэтому при добавлении в нее щелочи вызывает выпадение малорастворимых солей карбоната кальция и гидроксида магния. Но и добавление щелочи в фильтрат первой ступени также вызывает выпадение на мембранах осадка карбоната кальция из ионов кальция и бикарбонат-ионов, прошедших через мембраны первой ступени. Для предотвращения образования осадка в воду добавляют ингибиторы – полимеры, которые задерживают рост кристаллов карбоната каль-

ция. Современные ингибиторы - это в основном соли фосфорной и фосфоновых кислот. Как известно, в мембранных опреснительных установках морская вода разделяется на фильтрат (очищенную воду) и концентрат, в котором содержатся все соли и ингибитор (рис.1). Концентраты опреснительных установок сбрасываются обратно в море. Ингибиторы - органические вещества, содержащие, помимо углерода, еще и фосфаты, часто - азот. Концентрации ингибитора в сбрасываемых концентратах достигают 50 мг/л. Это вызывает загрязнение прибрежных морских вод биогенными элементами и ведет к эвтрофикации. Распространение опреснительных установок вдоль побережья Средиземного моря, Персидского залива и Красного моря создает серьезную экологическую проблему. Задачей наших исследований было подобрать новые ингибиторы, которые не содержали бы фосфора и азота, но при этом не уступали бы традиционным ингибиторам в эффективности.



**Рис. 2.** Изменение селективности мембран по бору ВО33- на разных ступенях опреснения морской воды в зависимости от pH и кратности объемного концентрирования в аппаратах

Результаты экспериментов показаны на следующем рисунке 3, где показаны сравнительные испытания различных реагентов. Оценка эффективности производилась по определению скорости роста осадка карбоната кальция из воды, соответствующей по составу подщелаченному фильтрату первой ступени.

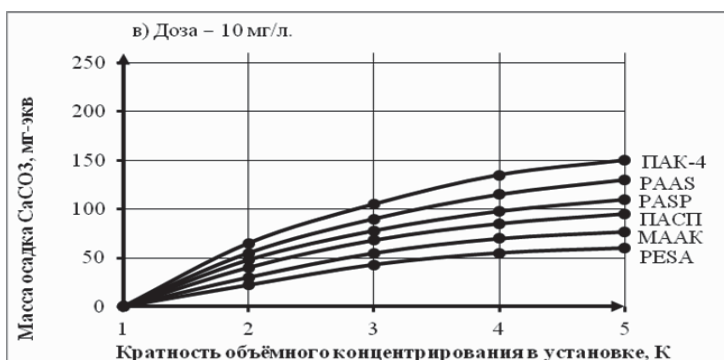
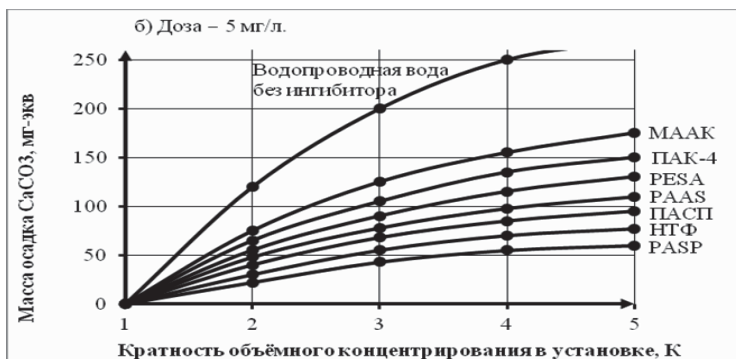
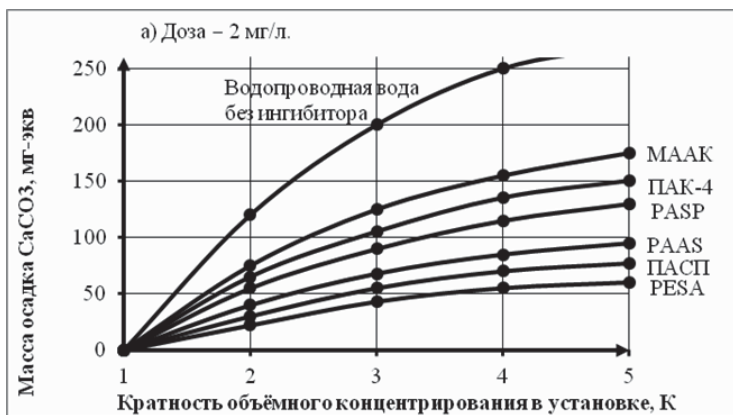


Рис. 3. Результаты определений массы накопленного осадка  $\text{CaCO}_3$  в присутствии различных ингибиторов

Далее представлены рисунки определения эксплуатационных затрат на опреснение воды. Серьезную часть затрат составляют затраты на электроэнергию и затраты на реагенты (рис. 4).

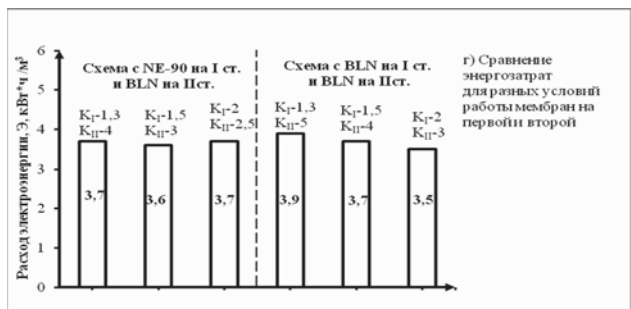
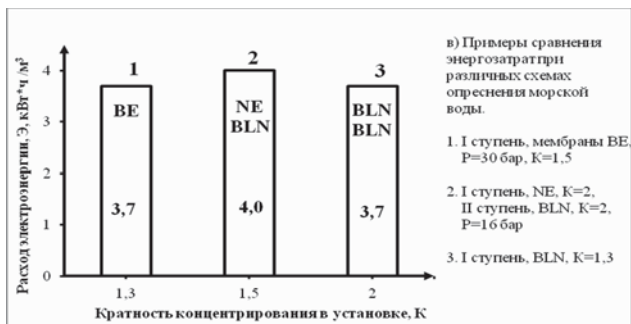
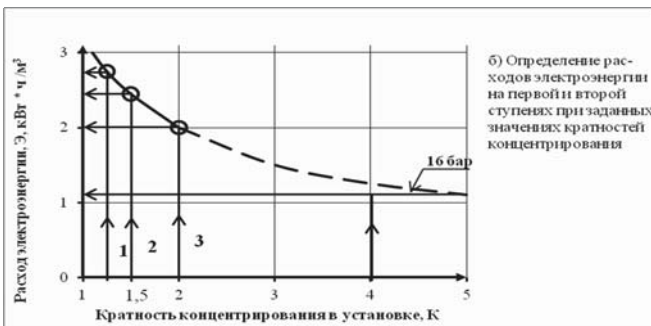
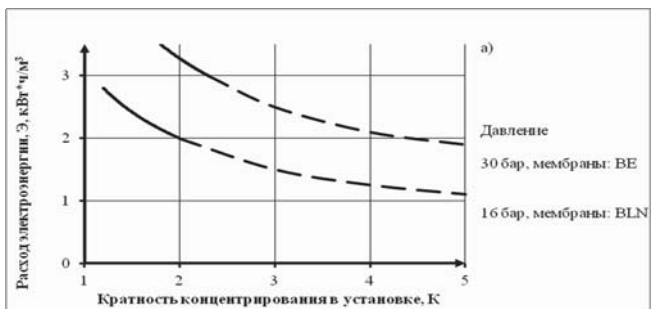


Рис. 4. Сравнение энергозатрат для разных условий работы мембран на I и II ступенях

Чем выше мы создаем значение рН в опресняемой воде, тем выше качество опресненной воды по эффективности очистки от бора, тем меньше затраты на электроэнергию благодаря возможности поддерживать большее значение величины выхода фильтрата. Но при этом с повышением рН растет опасность образования на мембранах осадка карбоната кальция. Это требует применения ингибиторов с высокими дозами (не менее 10 мг/л) и проведения регулярных химических промывок для растворения осадка карбоната кальция. Поэтому, как видно из результатов по оптимизации эксплуатационных затрат (рис. 5), от эффективности ингибиторов зависят затраты на опреснение воды и себестоимость опреснения.

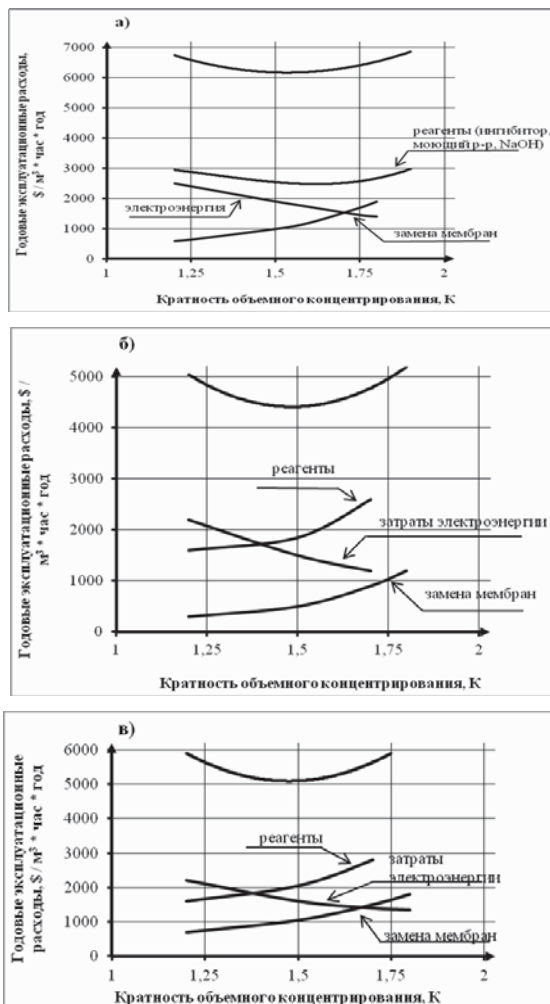


Рис. 5. Определение оптимальной величины кратности концентрирования.



А если учесть и экологический эффект (предотвращенный ущерб), то получается, что применение ингибиторов дает очень высокий экономический эффект.

#### Библиографический список

1. Lattemann, S. & Höpner, T. Environmental impact and impact assessment of seawater desalination // Desalination. 2008. V. 220, pp. 1-15.

2. Feiner, M., Beggel, S., Jaeger, N. & Geist J. Increased RO concentrate toxicity following application of antiscalants – acute toxicity tests with the amphipods *Gammarus pulex* and *Gammarus roeseli* // Environmental Pollution. 2015. V. 197, pp. 309-312.

3. Hasson, D., Shemer, H. & Sher, A. State of the art of friendly “green” scale control inhibitors // Industrial & Engineering Chemistry Research. 2011. V. 50, pp. 7601-7607.

4. Pervov, A.G. Scale formation prognosis and cleaning procedure schedules in RO systems operation // Desalination. 1991. V. 83, pp. 77-118.

5. Pervov A.G., Andrianov A.P. A new solution for Caspian Sea desalination: low pressure membranes // Desalination. 2003. V.157, pp.

#### АВТОМАТИЗАЦИЯ СТАНЦИИ ПОВЫШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

*Шорин Д.А., студент 4-го курса 33 группы ИИЭСМ*

*Научный руководитель – Фокина Е.Н., старший преподаватель*

Централизованная подача воды с давлением, удовлетворяющая потребности конечных пользователей, практически невозможна и не рентабельна. Как правило, необходимый комфортный напор достигается локальными установками повышения давления. Тем не менее, мы далеко не всегда получаем необходимый напор при пользовании водой. Причиной этого являются просчеты в проектах, плохая работа коммунальных служб и застарение трубопровода в результате коррозионных процессов.

В качестве единиц измерения давления воды в трубах используют несколько величин: 1 бар = 1,0197 атм. = 10,19 м водного столба. По нормативам, давление в городских водопроводных сетях должно составлять 4 атм., но в действительности, перепады могут быть очень значительными. Давление более 6-7 атм. губительно действует на чуткую импортную и отечественную сантехнику, разрушает соединения труб, но и низкое доставляет не меньше хлопот. При давлении менее 2 атм. не сможет нормально работать любая зависящая от воды бытовая техника.

Из данных ситуаций лучшим выходом является установка насосной станции повышения давления. В первом случае насос может быть смонтирован, как непосредственно на трубопроводе, так и через промежуточную накопительную емкость (с возможным подключением частотных преобразователей). Насосы для монтажа непосредственно на трубопроводе - это небольшие, практически бесшумные насосы, предназначенные для монтажа непосредственно на трубе. Насосы снабжены простой автоматикой, реагирующей на проток.

Низкая стоимость, размеры и бесшумность делают насосы данной группы очень популярными. Следует помнить, что данные насосы предназначены лишь для небольшого повышения давления, например, когда не хватает давления для включения газовой колонки. Рассчитывать на какое-либо серьезное повышение давления с помощью этих насосов - не следует. Самые мощные из них способны поднять давление на одной водоразборной точке примерно на одну атмосферу.

Если же необходимо увидеть более существенный подъем давления, и стабильный и сильный напор в кране, можно использовать второй вариант - автоматические насосные станции. Их габаритные размеры не позволяют производить монтаж непосредственно на трубе. Это должна быть электронная автоматика с выключением насоса не по давлению, а по сигналу от датчика протока. Такая насосная станция при использовании в качестве станции повышения давления имеет постоянное давление, которое мы первоначально задаем.

Есть третий вариант исполнения насосной станции – через промежуточную накопительную емкость. Принцип работы установки следующий: в некую емкость вода из трубопровода попадает через поплавковый выключатель. Подача прекращается автоматически при заполнении емкости и возобновляется при понижении в ней уровня воды. Из емкости к водоразборным точкам вода подается насосом, снабженным автоматикой включения-выключения и защитой от работы без воды.

Так же, можно усовершенствовать насосную станцию путем добавления частотного преобразователя. Данное устройство позволяет существенно экономить электроэнергию (до 40%), т.к. насколько медленнее осуществляется вращение вала двигателя, настолько меньше станция потребляет электрической энергии. Это основное достоинство данной станции, но не единственное. Среди ее плюсов значится так же: очень тихая работа, плавный пуск и остановка двигателя (это увеличивает ресурс двигателя и всего трубопровода, т.к. не создаются гидравлические удары), малая чувствительность двигателя к перепадам напряжения, гидравлическая часть из нержавеющей стали, компактность.

### **Малогабаритные станции ПД с датчиком протока**

*Плюсы:* небольшие размеры и вес; возможность монтажа на трубе; бесшумность; низкая цена.

*Минусы:* маленькое повышение давления.

### **Автоматические станции ПД**

*Плюсы:* повышение давления, способное удовлетворить любые потребности отдельной квартиры или частного дома; возможность автоматического регулирования давления в трубопроводе.

*Минусы:* размеры и вес насоса больше, чем насосы первой группы; невозможность монтажа непосредственно на трубопроводе; более высокая шумность.

## **Автоматические станции ПД через промежуточную емкость**

*Плюсы:* справедливы все плюсы автоматических станций; защита от попадания механических примесей - твердые частицы будут оседать на дне емкости; стабильное давление - данная установка будет давать постоянное, стабильное давление в кранах, независимо от давления в центральном трубопроводе, чего сложно добиться от насосов устанавливаемых на трубопроводе. Даже небольшие перебои подачи воды в центральном трубопроводе останутся незаметными; нечувствительность к присутствию воздуха – воздух, попадающий с водой, может серьезно попортить ваши нервы, так как воздушные пробки могут стать причиной отказа автоматики насоса, не говоря уже о неприятностях причиняемых при использовании проточных водонагревателей и газовых колонок. Присутствие большого количества воздуха в трубопроводе свойственно сетям с низким давлением; отсутствие эффекта «воровства» воды – при включенном насосе повышения давления часто происходит, что прочие пользователи оказываются даже без того минимума воды, которое было у них до этого. Система с накопительной емкостью позволяет этого избежать; запас воды – в случае кратковременного прекращения подачи воды, будет запас воды, зависящий от емкости накопительного бака установки. Установки такого типа незаменимы в случаях, когда в магистрали существует дефицит не только давления, но и количества воды. И, в принципе, такая система является идеальной, но не везде применима из-за своих габаритов. Такую установку можно смонтировать как самому, из отдельных доступных комплектующих, так и приобрести готовую установку.

*Минусы:* все минусы автоматических станций; габариты установок значительно больше, чем габариты любых автоматических станций из-за входящей в систему накопительной емкости.

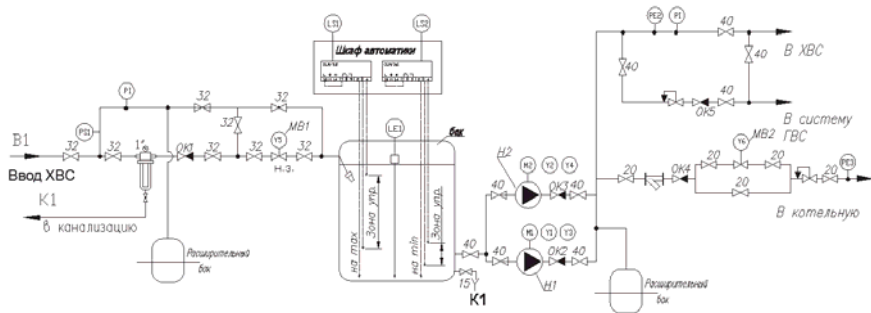
## **Автоматические станции ПД с добавлением частотных преобразователей**

*Плюсы:* выравнивание входного напряжения; регулировка мощности насоса; возможность экономии электроэнергии; повышение срока службы двигателя насоса; выполнение функций автоматики насосных станций; плавный пуск насосов; нечувствительность двигателя насоса к перепадам напряжения ;понижение шума от работы насоса.

*Минусы:* высокая стоимость; все недостатки предыдущих вариантов.

Проанализировав все эти варианты можно сделать вывод, что, четвертый вариант исполнения системы станции ПД наиболее надежен и многофункционален по сравнению с остальными. Даже несмотря на относительно высокую стоимость частотного преобразователя, это устройство окупает себя примерно через год эксплуатации, что в целом удовлетворяет интересы большей части потребителей.

На рис. 1 представлена функциональная схема исполнения станции повышения давления



**Рис. 1.** Функциональная схема автоматической станции повышения давления через промежуточную емкость с добавлением частотных преобразователей

Следуя из выше изложенного, станции повышения давления используются для обеспечения постоянного (заданного) значения давления в водопроводе любых сооружений. В моем случае это частный загородный дом со скважинным насосом (глубина варьируется в зависимости от залегания водоносного слоя), фильтром первичной очистки воды на входе, накопительной емкостью для воды (с датчиком уровня), двумя насосами с частотными преобразователями (и возможностью ротации), водорасширительных баков, датчиков и реле давления и водозапорной арматуры.

Плавную работу насосов обеспечивает частотный преобразователь. Принцип работы преобразователя простой. Подача электрического тока сначала идет на платы устройства. Там его выравнивают с помощью стабилизаторов и инверторов. В то же время датчики на преобразователе оценивают уровень давления в системе, а также все другие необходимые показатели. Данные подаются на блок автоматики. Затем преобразователь оценивает необходимую мощность насоса и подает на него ровно столько электричества, сколько потребуется для выполнения поставленных задач. Также преобразователи могут обеспечивать плавный пуск двигателей, их аварийную остановку и т.д.

Так же, с помощью контроллера любой фирмы, можно создать алгоритмы управления работой насосной станции: режимы день-ночь, работа от аварийных источников энергии, работа по графикам 5-2, и т.д.

Система проста в том плане, что необходимо контролировать лишь давление на выходе к потребителю и возможные аварии (протечки, засора фильтра, насоса, датчиков, и т.д.).

Был выбран 4-й вариант системы с полной автоматизацией, добавлением накопительной емкости и частотных преобразователей потому, что именно такой вариант исполнения этой инженерной системы позволяет предупредить возможные неисправности по сравнению с системами без повсеместной автоматизации. В нашей системе присутствует накопительная емкость, которая, на мой взгляд нужна уже для того, чтобы обеспечивает запас жидкости, равный ее объему, который может пригодиться при

неполадках в работе скважного насоса. Так же, немаловажную роль играют частотники, которые, хоть и дороги, но окупаются уже практически после года эксплуатации, ведь они экономят электроэнергию за счет снижения подаваемого напряжения на двигатели насоса, что, так же благоприятно сказывается на сроке службы самого насоса.

Станции повышения давления, использующие накопительные емкости и частотные преобразователи, сейчас очень широко применяются в частных домах, а так же на производствах и предприятиях, связанных с водоснабжением. Более того, сейчас, когда происходит оптимизация всех инженерных систем и сетей, внедрение такого энергоэффективного оборудования, как частотный преобразователь становится практически обязательным условием, тем более, что крупные производители насосного оборудования уже давно производят соединенные между собой частотник и насос, помещенные в один корпус. Подведя все итоги можно сказать, что применение такой станции подразумевает под собой технические осмотры не реже чем раз в полгода, траты на замену или ремонт дорогостоящего оборудования и стандартные прочистки трубопровода, но, в то же время именно эта система позволяет точно узнавать все сведения о техническом состоянии элементов системы, значении давлений, величине напряжения на двигателе насосов и т.д. без каких бы то ни было сложностей, а так же низкое энергопотребление делает систему привлекательной для повсеместного применения.

#### Библиографический список

1. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. Изд. 2-е. – М.: Стройиздат, 1974. – 480 с.
2. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Том 1. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 288 с.
3. Абрамов Н.Н. Теория и методика расчета систем подачи и распределения воды. – М.: Стройиздат, 1992. – 288 с.
4. Карелин В. Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции. – М.: Стройиздат, 1986. – 320 с.
5. ГОСТ 17398-72 «Насосы. Термины и определения», Действующий, 01.01.1973 г.

#### К АВТОМАТИЗАЦИИ ОСВЕТЛЕНИЯ ВОДЫ

*Иващенко А.С., студентка 4-го курса 7 группы ИЭУИС  
Научные руководители – Михайлин А.В., доц.,  
Гордеев-Бурговиц М.А., доц., к.т.н.*

Существуют методы измерения и автоматизации, благодаря которым можно обеспечить упорядоченный процесс осуществления сбора анализов в разные стадии осветления воды. В МГСУ постоянно ведутся работы по автоматизации систем водоснабжения и водоотведения и международный мониторинг аналогичных сооружений [1-4].

При прохождении воды через технологические сооружения (фильтры, смесители, отстойники) осуществляется процесс очистки воды на очистных сооружениях, обработкой коагулянтом, флокулянтом, хлором и т.д.

На большинстве водоочистных станциях России отсутствует непрерывный контроль технологических процессов, а основа управления – результаты лабораторных анализов, что является недостаточным условием для оптимальной реализации автоматизированного управления водоочистой станцией.

Для оптимизации процесса осветления воды были разработаны специальные контрольно-измерительные и управляющие модули: «Коагулянт-Осветитель», «Автоматическое дозирование коагулянта (и флокулянта)», «Хлор-Мониторинг» и «Автоматическое дозирование щелочного реагента» [5]. В совокупности они образуют контрольно-аналитический комплекс «Униток-1», все модули которого внедряются для подготовки питьевой воды на многих водоочистных станциях России.

Важной особенностью комплекса является то, что модули представлены самостоятельной контрольно-измерительной системой, легко устанавливаемой и интегрирующейся на любой станции очистки независимо от ее технического состояния и производительности. В модулях предусмотрены:

- автоматическая очистка датчиков;
- самодиагностика исправности основных схем и механизмов;
- контроль управления и состояния механизмов, которые дозируют реагенты;
- безопасность реализуемого процесса.

На базе управляющих и контрольно-измерительных модулей можно с помощью мониторов в диспетчерской проследить и проанализировать получаемые данные о мутности, температуре, величине рН, концентрациях вводимых веществ и скорости осветления. После внедрения модулей стабилизируется работа отстойников, что позволяет увеличить фильтроцикл обродования.

Пользователями данного проекта могут быть станции очистки воды предприятий, фильтровальные станции, цеха водоподготовки ТЭЦ и другие предприятия. Срок использования контрольно-измерительного комплекса – не менее 10 лет.

Новейшей разработкой является модуль контроля протока (МКП), который обеспечивает дополнительный контроль протока охлаждающей воды через рубашки охлаждения подшипников насосов. Отсутствие данного протока может привести к выходу из строя подшипников насосов, следствием чего является дорогостоящий ремонт. С помощью двух параметров (наличие протока воды и температуры на выходе системы охлаждения) можно оценить аварийность ситуации, а в дальнейшем определить возможное возникновение и предотвращение еще на ранних стадиях. МПК состоит из локальных блоков датчиков, которые находятся на каждом насосе, общего интерфейсного блока (в машинном зале) и блоки светозвуковой сигнализации. Блоки датчиков оснащены световыми индикациями, опреде-

ляющие исправность системы охлаждения. Интерфейсный блок имеет ЖК-дисплей, на который выводится информация со всех блоков датчиков, а также клавиатуру для настройки параметров. Интерфейсный блок служит для связи с компьютером диспетчера. Для контроля состояния блоков программный модуль является неотъемлемым звеном данной системы.

С точки зрения эффективности проекта можно отметить как экономические, так и экологические факторы. При экономии коагулянта, следовательно, снижается его расход, который значительно определит экономию денежных средств. Для экономии промывной воды запускается автоматический контроль, который регулирует качество фильтрата и следит за режимом их работы, выводя их на промывку только тогда, когда это действительно необходимо.

Непрерывный контроль процесса очистки позволяет исключить сбои при дозировании хлора, флокулянтов и коагулянтов, которые приводят к загрязнению воды. В очищаемой воде заметно снижается уровень железа, алюминия и других примесей, которые позволяют показателям принять стабильное состояние, чем и достигается удовлетворение требований населения по вопросам экологической безопасности.

#### Библиографический список

1. Гордеев-Бургвиц М.А., Михайлин А.В., Кнут Хартенштейн, Хайко Киршке. Нано - технологические способы и средства для измерения качественных параметров питьевых вод и их обработка в ФРГ на примере области Северно-Рейнская Вестфалия (Nordrhein-Westfalen) и Москвы. // Научно-технический Вестник Поволжья. 2013. № 6. С. 236-238.
2. Гордеев-Бургвиц М.А., Иващенко А.С. Автоматизация осветления воды. // Научное обозрение. 2015. № 24. С. 139-142.
3. Гордеев-Бургвиц М.А., Иващенко А.С. Автоматизация технологических процессов на водоочистных сооружениях г. Нижневартовска. // Научное обозрение. 2016 № 1. С. 90-93.
4. Гордеев-Бургвиц М.А., Макарова И.А. Управление установкой сорбционной очистки вод в насыпных фильтрах. // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 6 (582). С. 85-88.
5. Сайт Униток [Электронный ресурс]. – М.: ОАО УНИТОК, – Режим доступа: <http://www.unitok.ru>, свободный.

#### АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

*Мокеева Д.О., студентка 2 курса 32 группа ИИЭСМ  
Научные руководители – Нечитаева В.А., доц.,  
Гордеев-Бургвиц М.А., доц., к.т.н.*

Современные системы водоснабжения и канализации – это совокупность сложных сооружений, механизмов и аппаратов, все части которой должны точно и без сбоев работать совместно. К ним относятся водопри-

емные сооружения, станции очистки воды, сети водоснабжения и канализации с обслуживающими их устройствами, насосные станции. На этих объектах осуществляется ряд гидравлических, физико-химических и микробиологических процессов. К числу основных особенностей систем водоснабжения и канализации как объектов автоматизации относятся:

- высокая степень ответственности, подразумевающая гарантию надежной бесперебойной работы;
- работа сооружений в условиях постоянно меняющейся нагрузки;
- зависимость режима работы сооружений от изменения качества исходной воды;
- территориальная разбросанность сооружений и необходимость координирования их работы из одного центра.

Система автоматизации состоит из следующих элементов: датчиков (давления, температуры, расхода и т. п.), измерительных преобразователей, модулей ввода/вывода данных, компьютера и/или программируемого контроллера, исполнительных устройств. Для передачи данных с удаленных объектов на центральный диспетчерский пункт может быть использован любой из доступных каналов связи: коммутируемые линии, радиоканал, беспроводной Internet, сотовая связь (GPRS, SMS), спутниковая связь.

Более двух лет успешно работает автоматизированная система управления насосами артезианских скважин и станции водозабора на заводе по производству солода в Белгороде. Аппаратно система реализована на базе изделий производства компании «ОВЕН». Программная реализация выполнена с использованием среды программирования и визуализации CoDeSys 2.3 и CoDeSys HMI соответственно. На территории предприятия «Белгорсолод» расположены семь артезианских скважин. Управление насосами скважин и водозабора до внедрения автоматизированной системы производилось вручную. Оперативный контроль параметров на станции водозабора отсутствовал. Диспетчер для поддержания необходимого уровня воды в накопительных емкостях совершал обход всех скважин и включал / выключал насосы при помощи пульта управления.

Требовалось создать новую систему управления и при этом соблюсти ряд условий:

- решение должно быть недорогим;
- необходимо автоматизировать все процессы добычи воды и ее доставки потребителю;
- оператор должен иметь возможность вмешиваться в процесс управления и дистанционно управлять работой всех насосов с ПК;
- должен быть обеспечен оперативный мониторинг работы скважин, станции водозабора, уровней воды в накопительных емкостях и архивация выбранных параметров на компьютере;
- важно вести протокол событий процессов.

Техническое решение данной задачи: диспетчерский пункт на станции водозабора был ликвидирован и перенесен в здание котельной, а функции



наблюдения за работой возложены на оператора котельной. В диспетчерской установлены компьютер и шкаф управления с контроллером ПЛК100. Контроллер подключен к ПК посредством Internet. На каждой скважине установлено оборудование: модули ввода/вывода, счетчик импульсов, устройство плавного пуска, датчик давления с токовым выходом 4...20 мА, датчик тока с выходом 4...20 мА. На станции водозабора установлены: модули, счетчики импульсов, датчик давления, датчики тока и модули защиты двигателей для каждого сетевого насоса. На водонапорных баках установлен модуль МВА8 и датчики давления ПД100-ДИ. Контроллер ПЛК100 кабелем «витая пара» объединил все скважины и станцию водозабора в одну промышленную сеть. Общая длина проложенной проводной сети составила 1700 м.

Появились новые возможности и функции системы. Программа, загруженная в память контроллера, была разработана в бесплатной прилегаемой среде программирования CoDeSys. Графический интерфейс оператора разработан также в CoDeSys. Насосы для поддержания заданного уровня воды в накопительных емкостях и рабочих уровнях воды в резервуарах включаются и выключаются автоматически. Насосы водозабора создают необходимое давление в водопроводе и работают по принципу один – ведущий, остальные – ведомые. Смена ведущего насоса происходит автоматически через установленный интервал времени с учетом равномерного износа. Для каждого насоса ведется учет часов наработки.

На предприятии после внедрения АСУ сокращена численность дежурного персонала. Качественно изменился порядок работы – появилась возможность контролировать все режимы работы насосов и параметры всех датчиков в реальном времени, производительность артезианских скважин, также осуществляется оперативный учет воды, добываемой из артезианских скважин.

#### Библиографический список:

1. Гордеев-Бургвиц М.А. Математическое описание в обобщенных производных систем управления электроприводами мощных агрегатов в строительных и горных машинах и в системах водоотведения // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2013. Вып. 4(29). URL: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Gordeev-Burgvits-2013\\_4\(29\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Gordeev-Burgvits-2013_4(29).pdf).
2. Гордеев-Бургвиц М.А., Михайлин А.В., Кнут Хартенштейн, Хайко Киршке. Нано-технологические способы и средства для измерения качественных параметров питьевых вод и их обработка в ФРГ на примере области Северно-Рейнская Вестфалия (Nordrhein-Westfalen) и Москвы. // Научно-технический Вестник Поволжья. 2013. № 6. С. 236-238.
3. Автоматизация систем управления // ГЕОМПРО, 2009. URL: [http://ugeoprom.ru/new\\_tech/avt](http://ugeoprom.ru/new_tech/avt).
4. Гордеев-Бургвиц М.А., Иващенко А.С. Автоматизация освещения воды. // Научное обозрение. 2015. №24. С. 139-142.

5. Гордеев-Бургвиц М.А., Иващенко А.С. Автоматизация технологических процессов на водоочистных сооружениях г. Нижневартовска. // Научное обозрение. 2016. № 1. С. 90-93.

6. Гордеев-Бургвиц М.А. Общая электротехника и электроника: учебное пособие / М.А. Гордеев-Бургвиц. М.: НИУ МГСУ, 2015. – 336 с.

7. Попкович Г.С., Гордеев М.А. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 1986. – 392 с.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ФИЛЬТРАЦИИ ВОДЫ**

*Трухина А.А., студентка 3-го курса 31 группы ИИЭСМ*

*Научный руководитель – Гордеев-Бургвиц М.А., доц., к.т.н.*

Нет важнее вещества для жизни человека как вода. От качества столь необходимого продукта зависит жизнь и здоровье людей. Но в современном мире на Земле экологическая обстановка становится хуже, запасы чистой воды уменьшаются. Для решения данной проблемы используют очистку воды. Это позволяет освободить воду от взвешенных в ней веществ и уменьшить цветности в соответствии с гигиеническими требованиями к качеству воды. Фильтрация – это процесс прохождения через фильтрующий материал осветляемой воды. Фильтрующий материал представляет собой пористую среду с весьма малыми порами. Обычно используют для этого кварцевый речной или карьерный песок, но также могут применяться и дробленый антрацит или мраморная крошка. Это является последним этапом очистки.

Важным вопросом автоматизации водопроводных очистных станций является автоматизация процессов фильтрации воды. Она позволяет повысить качество фильтруемой воды, увеличить производительность фильтров, снизить расход промывной воды и электроэнергии.

Целью автоматизации фильтрации воды является автоматическое регулирование скорости фильтрации и автоматической промывки фильтров.

Для достижения оптимального технологического режима работы фильтров проводится автоматизация непрерывного регулирования скорости фильтрации. Автоматическое регулирование позволяет поддерживать постоянную заданную скорость фильтрации.

Это достигается путем увеличения открытия задвижки на трубопроводе по мере увеличения сопротивления на фильтре из-за накопления в нем загрязнений. Если задвижка оказывается полностью открытой, то фильтр прекращает свою работу и отправляет на промывку.

Поводом для увеличения открытия задвижки на трубе фильтра служит изменение уровня воды на фильтре, фиксирующееся датчиком уровня, или расхода воды в трубопроводе отвода фильтра.

Для полной автоматизации процесса фильтрации осуществляется автоматизация промывки фильтра. Автоматическая работа фильтров была впервые осуществлена в 1947 году на Восточной водопроводной станции. В последующие годы разработали и внедрили несколько схем автоматиче-

ской промывки фильтров. В этих схемах предельное открытие фильтрованной задвижки используют в качестве импульса для автоматического перевода фильтра на промывку. Также импульсом является увеличение сопротивления фильтрующего слоя до заданного значения и достижение предельной мутности фильтрата. С помощью реле времени выдерживается продолжительность промывки в заданных пределах или автоматически определяется с помощью фотоэлектронного устройства снижение мутности промывной воды. С помощью показывающего и интегрирующего расходомера, устанавливаемого на трубопроводе промывной воды, контролируются интенсивность промывки и расход промывной воды.

Работа системы заключается в следующем: по линии подачи в фильтр поступает исходная вода, уровень которой контролируется датчиком уровня в фильтре. По линии отвода отводится фильтрат, его расход измеряют с помощью датчика расхода. В зависимости от отклонения расхода от заданной величины поступает сигнал с датчика в контроллерный шкаф, который в свою очередь подает сигнал на блок управления затвора. В зависимости от полученного сигнала, затвор либо будет открыт, либо закрыт. Загрязнение загрузки фильтра определяется по сигналу с датчика потерь напора воды в фильтре. Если фильтр загрязнен, включается режим промывки фильтра. По сигналу шкафа управления поступление исходной воды на фильтр перекрывается задвижкой. В резервуаре чистой воды отфильтровывается вода из фильтра до достижения минимального уровня воды в фильтре. При достижении данного уровня на линии фильтрата закрывается задвижка и открывается задвижка на линии промывной воды, а также открывается задвижка линии канализации. Вода из линии канализации отправляется на линию повторного использования воды. По сигналу шкафа управления включается преобразователь частоты промывного насоса. Для интенсивной промывки фильтра в соответствии с заданным расходом промывной воды по сигналу контроллерного шкафа промывка производится с плавным нарастанием или убыванием. С учетом сезона года параметры интенсивности промывки фильтра записываются в память контроллерного шкафа. По завершению промывки преобразователь частоты с плавным уменьшением частоты выключается, задвижки на линии промывной воды и канализации закрываются, а задвижки поступления исходной воды на фильтр и слива открываются. Фильтр заполняется водой, а первоначальный объем отфильтрованной воды через задвижку слива отводится по линии повторного использования воды на станцию повторного использования. После слива задвижка слива закрывается, открывается задвижка на линии фильтрата. Цикл повторяется.

Таким образом, автоматизация процессов фильтрации воды позволяет проводить высокотехнологичный контроль скорости фильтрации, обеспечивая тем самым уменьшение расхода воды, снижение стоимости технологического процесса и трудовых затрат, а также повышая производительность труда. В современном мире это определенно является важным показателем экономической и энергетической выгоды.

## Библиографический список

1. Фильтрование воды // GardenWeb URL: <http://gardenweb.ru/filtrovaniie-vody> (дата обращения: 03.12.2015).
2. Необходимость и способы очистки воды. // Спецприбор-НТ Режим доступа: <http://specpribor-nt.ru/histor/sposobvod.php>
3. Попкович Г.С., Гордеев М.А. Автоматизация водоснабжения и водоотведения: учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 1986.
4. Гордеев-Бургвиц М.А. Математическое описание в обобщенных производных систем управления электроприводами мощных агрегатов в строительных и горных машинах и в системах водоотведения // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2013. Вып. 4(29). Режим доступа: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Gordeev-Burgvits-2013\\_4\(29\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Gordeev-Burgvits-2013_4(29).pdf).
5. Система автоматического управления технологическим процессом очистки воды на скорых фильтрах // Патентный поиск. Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/232/2322283.html>
6. Сайт Мосводоканала [Электронный ресурс]. – М.: ОАО Мосводоканал, – Режим доступа: <http://www.mosvodokanal.ru>.

СЕКЦИЯ ВОДООТВЕДЕНИЯ  
И ВОДНОЙ ЭКОЛОГИИ

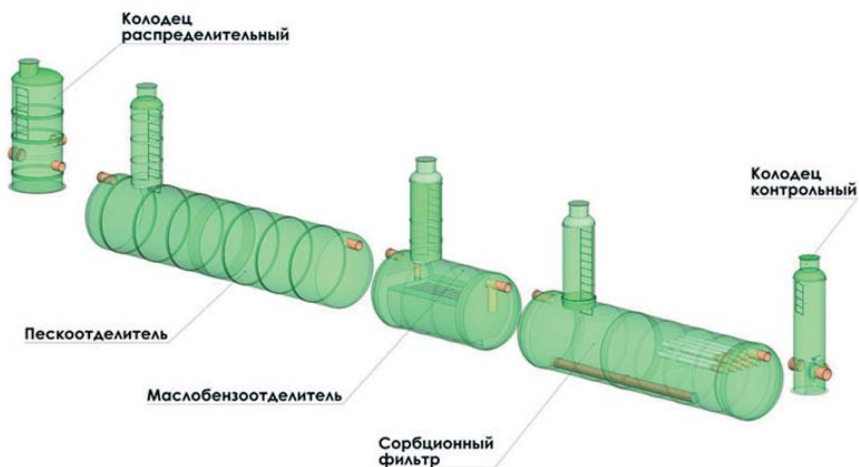
## АВТОМАТИЗАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ ОЧИСТКИ ЛИВНЕВЫХ ВОД

*Гусарова А.А., студентка 3 курса 31 группы ИИЭСМ*

*Научный руководитель – Гордеев-Бургвиц М.А., доц., к.т.н.*

Очистные сооружения дождевых сточных вод предназначены для очищения стоков городских улиц и производственных предприятий. На сегодняшний день состав стоков более вредный, чем несколько десятилетий назад, в связи с развитием промышленности. Применение очистных сооружений улучшает экологическое состояние окружающей среды.

Очистка дождевых сточных вод – важная задача, т.к. сточные воды – это источник загрязнения окружающей среды примесями разного характера (различными веществами, выпадающими с атмосферными осадками, отходами нефтепродуктов, а также специфическими химическими соединениями). Современные сооружения очистки разработаны с применением последних технологий и материалов, благодаря этому процесс очистки стоков стал более качественным, в результате чего в почву сбрасывается почти чистая вода. Она не наносит вреда почве и источникам питьевой воды.



**Рис. 1.** Условная схема ливневой канализации

Рассмотрим стандартную блочно-модульную конструкцию системы очистки стоков (рис. 1), включающую:

- песколовка – блок отделения крупнодисперсных примесей;
- блок тонкослойного отстаивания;
- блок коалесцирующий;
- блок сорбционной (поглощение твердых частиц) очистки;
- накопительную камеру очищенных стоков.

Автоматизация очистных сооружений может представлять собой как локальную систему управления (например, шкаф управления установки очистки воды), так и программно-технический комплекс с визуализацией технологического процесса очистки стоков (например, АСУ комплекса очистных сооружений). Автоматизация очистки ливневых стоков в первую очередь необходима для производств, промышленных и бытовых объектов разного назначения.

Как вариант создания АСУ для очистных сооружений рассмотрим систему управления очистными сооружениями ливневого стока для складского комплекса логистического парка (2014 год).

Система управления представляет собой автоматизированный шкаф управления установкой очистки ливневых стоков складского комплекса производительностью 15 л/с.

Система очистки ливневых стоков осуществляет управление четырьмя погружными насосами, которые могут работать в ручном и автоматическом режимах. Также с помощью датчиков уровня система контролирует основные параметры очистки ливневых стоков:

- уровень жидкости в емкостях очистки ливневых стоков;
- уровень песка в емкостях очистки ливневых стоков;
- уровень нефтепродуктов;
- уровень осадка в емкостях очистки ливневых стоков.

Управление очисткой ливневых стоков осуществляется промышленным контроллером LOGO Siemens, который комплектуется дополнительным модулем ввода/вывода дискретных сигналов и блоком питания этого же производителя. В проекте автоматизации установки очистки ливневых стоков совместно со шкафом управления используется программное обеспечение для контроллера LOGO Siemens.

Преимущества применения АСУ для очистных сооружений:

- автоматизация процесса позволяет очистным сооружениям работать в полностью автоматическом режиме.
- система автоматики позволяет менять производительность очистных сооружений в зависимости от количества поступающих стоков автоматически.
- систему управления обеспечивает автоматический сбор промывной воды, отстаивание и слив осадка.
- разработанное для очистных сооружений программное обеспечение может предоставлять возможность корректировки заданных алгоритмов и технологических уставок с сенсорной панели оператора.
- шкаф управления для очистных сооружений поверхностно-ливневых и талых сточных вод может позволять проводить диагностику работы технологического оборудования, самодиагностику системы управления.
- оперативная передача сигналов в диспетчерскую о работе и аварии установки.
- предусмотрена возможность управления канализационно-насосной станцией удаленно – с центрального шкафа управления очистными сооружениями.

## Заключение

На сегодняшний день очистка сточных вод очень актуальна. Стоки содержат различные химические вещества и вредные примеси, которые загрязняют и разрушают мировую экосистему, негативно влияют на жизнь будущих поколений. Поэтому сточные воды перед сбросом подлежат обязательной очистке до показателей, безопасных для окружающей среды (указанных в нормативной документации).

### Библиографический список

1. Гордеев-Бургвиц М.А., Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения: Учебник. – М.: Высшая школа. 1986.
2. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод // Учебник для вузов. – М.: Изд-во АСВ, 2006.
3. Гордеев-Бургвиц М.А. Математическое описание в обобщенных производных систем управления электроприводами мощных агрегатов в строительных и горных машинах и в системах водоотведения // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. 2013. №4(29). С.16.
4. Пааль Л.Л., Кару Я.Я., Мельдер Х.А., Репин Б.Н. Справочник по очистке природных и сточных вод, М. Высшая школа, 1994.
5. Гордеев-Бургвиц М.А. Общая электротехника и электроника: Учебник. – М.: МИСИ-МГСУ, 2015.
6. Сайт «Охрана труда – Информационный ресурс» [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://ohrana-bgd.ru/eda/eda1\\_49.html](http://ohrana-bgd.ru/eda/eda1_49.html), свободный.
7. Хенце М. и др. Очистка сточных вод – М.: Мир, 2008.

## УСЛОВИЯ АВТОТЕРМИЧНОСТИ ПРИ СЖИГАНИИ ОСАДКА

*Еремеев А.В., студент 4-го курса 4 группы ИИЭСМ*  
*Пелипенко А.А., студент 4-го курса 2 группы ИИЭСМ*  
*Научный руководитель – Алексеев Е.В., проф., д.т.н.*

Сжигание осадков применяется, если их утилизация невозможна или экономически нецелесообразна. Перед сжиганием необходимо стремиться к максимальному снижению влажности осадков путём их механического обезвоживания.

Нашей целью было нахождение предельных показателей зольности и влажности, при которых выполнялось бы условие автотермичности, т.е. осуществление процесса горения благодаря теплоте, выделяемой во время горения.

Сжигание – это процесс окисления органической части осадков до нетоксичных газов (диоксид углерода, водяные пары и азот) и золы. Перед сжиганием, осадки должны быть или механически обезвожены, или подвергнуты термической сушке, или пройти оба процесса.

Возможное присутствие в газах при сжигании осадков токсичных компонентов может вызвать серьезные трудности при очистке этих газов перед выбросом их в атмосферу. Процесс сжигания осадков состоит из сле-



дующих стадий: нагревание, сушка, отгонка летучих веществ, сжигание органической части и прокаливание для выгорания остатков углерода.

Возгорание осадка происходит при температуре 200-500 °С, так называемая температура вспышки. Прокаливание зольной части осадка завершается его охлаждением. Температура в топке печи должна быть в пределах 700-1000 °С.

Установки для сжигания осадков должны обеспечивать полноту сгорания органической части осадка и утилизацию теплоты отходящих газов. Для этих целей наибольшее распространение получили многоподовые печи, печи кипящего слоя и барабанные вращающиеся печи.

В работе была рассмотрена печь с кипящим слоем или печь с псевдоожиженным слоем, так как процесс сжигания осадков сточных вод в данных печах является одним из последних достижений в области термического обезвреживания твердых отходов. Так как основой для разработки конструкций печей с псевдоожиженным слоем явились конструкции соответствующих аппаратов, применяемых для процессов химической технологии (каталитический крекинг, обжиг руд, сжигание серы, обезвоживание растворов, сушка солей и т.д.), тогда целесообразно показать ряд конструкций аппаратов с псевдоожиженным слоем, которые могут быть применены – для сжигания твердых отходов.

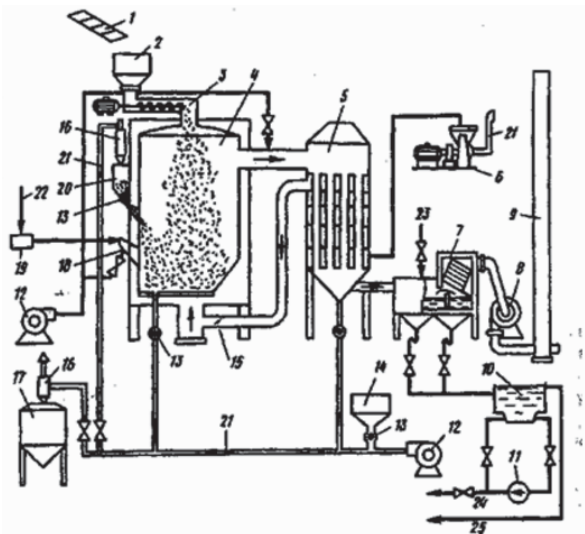
Печь кипящего слоя представляет собой вертикальный стальной цилиндр, футерованный изнутри огнеупорным кирпичом. Внутри печи имеется топочная камера, конусная часть с воздухораспределительной беспровальной решеткой и куполообразным сводом.

На решетке насыпан песок крупностью 0,6-2,5 мм слоем 0,8-1 м. Кипящий слой песка создается при продувании воздуха через решетку со скоростью, при которой частицы взвешиваются в газовом потоке. Воздух подается воздуходувкой, нагревается в рекуператоре дымовыми газами и подается под решетку. Осадок подается в печь через загрузочный бункер и шнековый питатель. Соответственно сам осадок и используется как топливо, теплота сгорания которого колеблется от 15,0 МДж/кг (на сухую основу) для отходов активного ила, до 39,4 МДж/кг для нефтяных осадков.

Если при сгорании органической части осадка недостаточно собственной теплоты, то для поддержания процесса горения с помощью горелок сжигается дополнительное топливо. Дымовые газы, охлажденные в рекуператоре, проходят мокрую пылеочистку, освобождаются от золы и пыли и выбрасываются в атмосферу.

Достоинствами печей кипящего слоя являются компактность установок, интенсивность процесса, возможность сжигания осадков различной влажности; недостатками — большая запыленность отходящих газов и необходимость устройства рекуператоров.

В рамках работы, для составления общей формулы теплового баланса, было принято несколько начальных значений: объем осадка, влажность, зольность, плотность осадка, удельные теплоемкости различных сред, значения температурные показатели различных сред.



**Рис. 1.** Схема сжигания осадков в печи кипящего слоя:

1 – ленточный конвейер; 2 – бункер загрузки осадка; 3 – шнековый питатель; 4 – печь кипящего слоя; 5 – рекуператор; 6 – воздуходувка; 7 – мокрый пылеуловитель; 8 – дымосос; 9 – дымовая труба; 10 – золовая емкость; 11 – насос перекачки золовой воды; 12 – вентилятор; 13 – шлюзовой питатель; 14 – бункер для песка; 15 – заслонка; 16 – циклонный разгрузитель; 17 – бункер выгрузки золы; 18 – газовая горелка; 19 – газорегуляционная установка; 20 – бункер-дозатор; 21 – воздуховод; 22 – трубопровод топливного газа; 23 – водопровод; 24 – золопровод; 25 – канализационный трубопровод

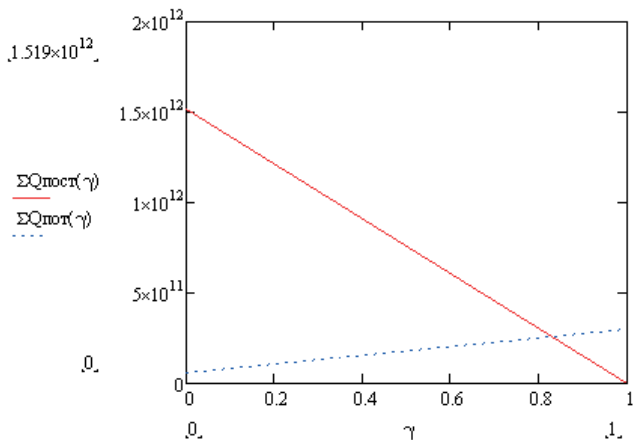
Это было обусловлено желанием оперировать с реальными числами и возможностью наблюдать изменение конечного значения, при регулировании какого-нибудь из параметров.

Таким образом, в ходе работы было получено, что при сжигании  $100 \text{ м}^3$  осадка с температурой на входе  $15$  градусов, влажностью  $70\%$  и зольностью  $30\%$  процесс идет в автотермическом режиме с высвобождением энергии, порядка  $23,39 \text{ ГДж}$ .

Следующим шагом стал переход от численных вычислений к буквенным, для возможности использования функций, по значениям которых, позже будут построены графики.

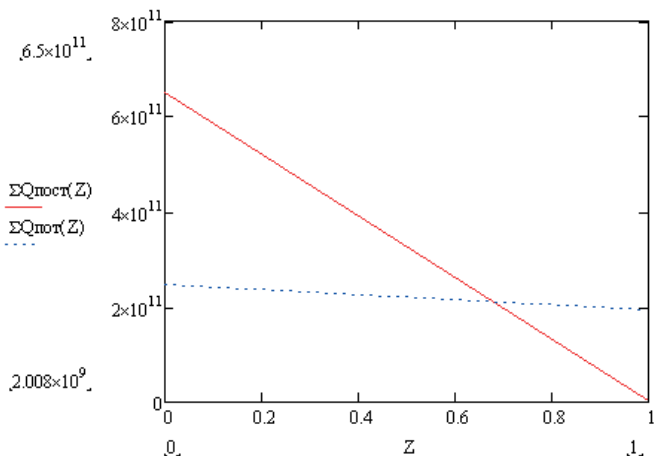
Так, мы получили общую формулу для нахождения поступающей и уходящей теплоты. Полученные формулы имеют зависимость от параметра гамма, который обозначает влажность.

Графики, отражающие изменение значений поступающей и отходящей теплоты, представлены на рис. 2, 3. Точка пересечения - точка, при которой процесс перестает идти в автокаталитическом режиме. Стоит отметить, что в данном случае менялось только значение влажности, зольность была фиксирована и равнялась  $0,3$ .



**Рис. 2.** График зависимости поступающей и отводящей теплоты, при фиксированной зольности

Аналогично была проделана работа и получены формулы для обратной ситуации, когда изменялась зольность, но значение влажности было фиксированным. Полученный график представлен на слайде.



**Рис. 3.** График зависимости поступающей и отводящей теплоты, при фиксированной влажности

В ходе исследовательской работы были получены следующие данные:

Критическое значение влажности 0,82, при зольности вещества 0,3. Превышение данного значения приведет к приостановке автотермичности процесса и для продолжения процесса горения будет требоваться внешний подвод теплоты (путем подачи и сжигания топлива).

Критическое значение зольности 0,67 при значениях влажности 0,7. При превышении значения зольности автотермический процесс приостановится.

Данная тема имеет огромный потенциал с точки зрения определения наиболее оптимальных показателей процесса сжигания.

#### Библиографический список

1. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод. – 2 изд., перераб. И доп. – М.: Стройиздат, 1982 – 223 с.
2. Архипов В.А., Синогина Е.С. Горение и взрывы. Опасность и анализ последствий – Томск, 2007.
3. Овчинников Н.Л., Овчинников Л.Н., Натареев С.В. Сушка и обжиг в кипящем слое – Иваново, 2009.
4. Крутов В.И. Теплотехника. Учебник. 1986 год. 431 с.
5. Расчеты аппаратов кипящего слоя: Справочник / Под ред. И.П. Мухоменова, Б.С. Сажина, В.Ф. Фролова. – Л.: Химия, 1986 – 352 с.

### РАСЩЕПЛЕНИЕ ЖИРОВ СЕЛЕКЦИОНИРОВАННОЙ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ПОПУЛЯЦИЕЙ

*Павленко А.И., студент 4-го курса 3 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Королева М.В., доц., к.т.н.  
Научный консультант – Денисов А.А., проф., д.б.н.*

Удаление жиродержащих компонентов в сточных водах имеют многофакторную структуру, поэтому, требует применения различных методов очистки:

- механическая;
- биологическая обработка;
- компостирование;
- и даже сжигание.

**Целью** настоящей работы – разработка технологии по очистке сточных вод в состав которых входят жиродержащие компоненты с использованием механической и микробиологической очистки на основе выделенных селективным путем штаммов бактерий.

Аэробная очистка в аэротенках наиболее оптимальная для удаления жиров, содержит меньше продуктов метаболизма при незначительном образовании избыточного количества активного ила.

Использование комплекса выделенных бактерий позволяет провести утилизацию жировых отходов до двуокиси углерода и биомассу активного ила.

Аэробный способ биологической очистки стоков обеспечивает высокий эффект удаления липидов (жиров).

Необходимо выделить адаптированные микроорганизмы разлагающие жиры в стоке.

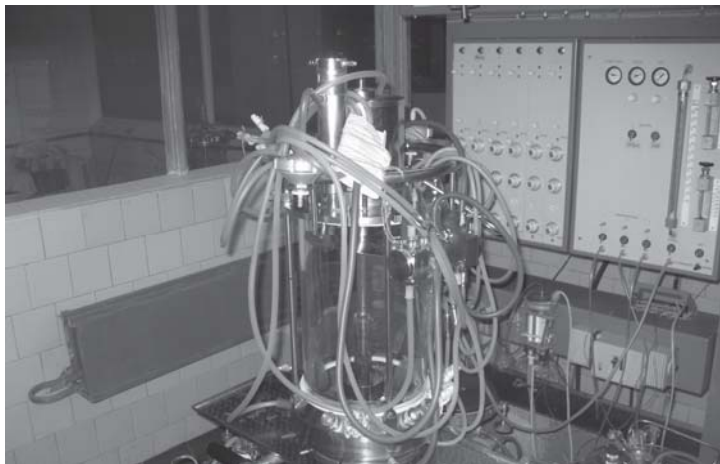
На основе исследований по расщеплению целей свободных жирных кислот выделенными штаммами бактерий определена скорость расщепление жиров на уровне 1,6 мг/сут на грамм биомассы.

Для разработки технологии по очистке сточных вод от жиросодержащих компонентов определены одним из факторов – объемная нагрузка по жирам и рН, которые влияют на динамику биоразложения жировых загрязнений: скорость гидролиза и реакцию биохимического окисления.

Для достижения цели работы были поставлены следующие задачи:

1. Управление гидролизом жиров в стоках;
2. Установление характеристик кинетики гидролиза жиров;
3. Культивирование и отбор бактерий для оптимального биоценоза по расщеплению жиров и жирных кислот.

**Экспериментальные исследования** проводили в ферментере АН-КУМ – 2М объемом 3 и 10 л (рис. 1), снабженным датчиками  $t$ ; рН;  $pO_2$ ; расходом воздуха, подачей питательных компонентов для культивирования бактерий. Длительность процесса культивирования составила 17 суток. Подача питательных компонентов необходимых для дальнейшего роста и отбор культуральной жидкости по 700 мл производились в 8 утра каждый день в течение полугода. Температура поддерживалась автоматически согласно заданными параметрами – 20 °С, при постоянном перемешивали мешалкой  $n = 100 - 300$  об/минуту и подачей воздуха до 1000 л/час, доля поддержание  $pO_2$  (концентрация растворенного кислорода) на уровне 1 - 1,5 мг  $O_2$ /л.



**Рис. 1.** Ферментер с рабочим объемом 10 л

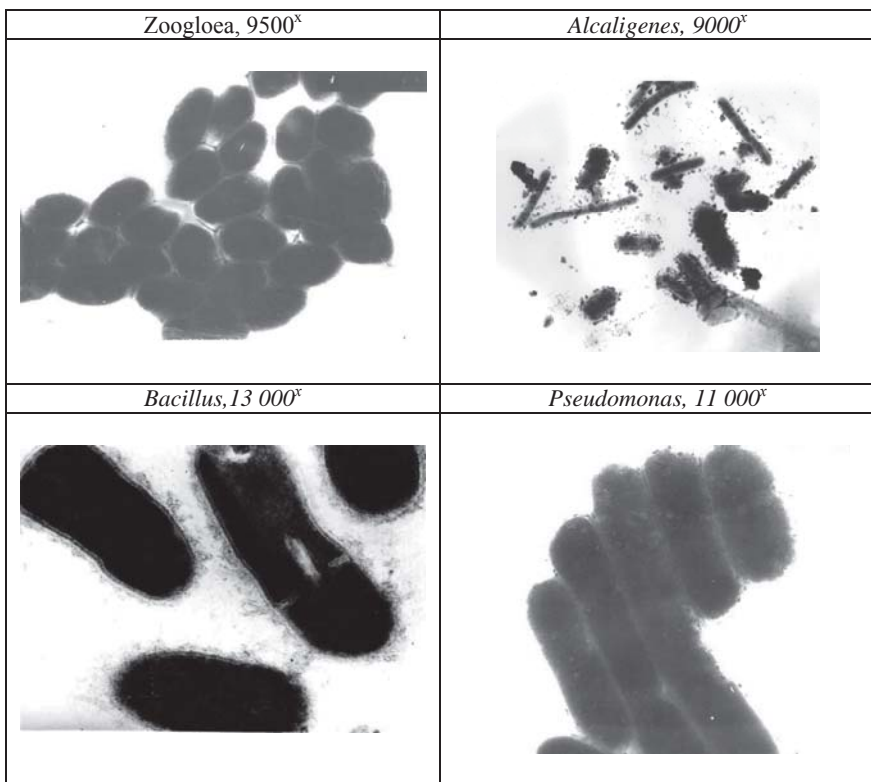
Питательная среда в ферментере для экспериментов была близка к реальным стокам по отходам жиров и жирных кислот и состояла из олеиновой кислоты ( $C_{18}H_{34}O_2$ ) и оливкового масла в соотношении 1:1.

Инокулят бактериальных штаммов для засева ферментера был получен на той же питательной среде, что и для эксперимента, выращенный на шутель – аппарате в течение 4 - 6 недель.

Бактериальные штаммы микроорганизмов для инокулята были выделены из активного ила на очистных сооружениях свинокомплекса при постоянном перемешивании питательной среды, поддерживалась в течение всего процесса рН на уровне 7,5 ед.рН;  $t = 20^{\circ}\text{C}$  и  $\text{pO}_2 = 3 \text{ мг/л}$ .

На 20 сутки эксперимента получали стабильную реакцию удаление жиров.

Доминирующие бактерии активного ила, выделенных из проб в процессе эксперимента, представлены на рис. 2.



**Рис. 2.** Доминирующие бактерии активного ила

В табл. 1 представлены результаты эффективности удаления жиров от рН и объемной нагрузки (CV).

Установлено, что максимальная эффективность очистки сточных вод от жиров и жирных кислот достигается при  $\text{pH} = 9,5$  и  $\text{CV} = 1,65 \text{ г/л}$  сутки и составляет 91%.

**Эффективность удаления жиров**

№ п/п	pH	Объемная нагрузка (CV) г/л.сут	Эффективность, %
1	5,5	0,95	68
2	7,2	0,35	81
3	8,1	0,35	78
4	7,6	1,30	71
5	9,5	1,27	75
6	8,4	1,65	77
7	6,5	1,75	74
8	7,5	1,2	75
9	6,4	0,85	83
10	9,5	1,65	91

**Выводы**

1. Эффективное удаление жиров при биологической очистки на уровне 91% при объемной нагрузке 1,65 г/л сутки и pH = 9,5.

2. Эффективная скорость удаления жиров составила 0,1 г жира удаленного на г биомассы в сутки.

3. Определены и отобраны штаммы бактерий для оптимального биоценоза по расщеплению жиров.

**Библиографический список**

1. Воронцов А.А., Рашевская Т.А., Федоренко А.А. Анаэробно-аэробная очистка сточных вод маслозаводов. Тезисы докладов. Пущино, 1988. С. 78.

2. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М.: Акварос, 2003.

3. Карюхина Т.А., Чурбанова И.Н. Контроль качества воды. М., Стройиздат, 1986.

4. Ксенофонтов Б.С., Моисеев М.Н., Дулина Л.А. Очистка жиросодержащих сточных вод//Безопасность жизнедеятельности, 2002, №12, с. 19.

5. Правила приема производственных сточных вод в систему канализации населенных пунктов. Министерство жилищно-коммунального хозяйства РСФСР АКХ им. К.Д. Памфилова, М., 1989.

6. Grulois P., Alric G., Bridoux G., Brochon J.P., Manem J. Elimination des graisses par traitement biologique aerobie. Techniques, Sciences, Methodes, 1993. №5. P. 247–251.

7. Okuda S., Kazutoshi I., Ozawa H., Izaki K. Treatment of lipid-containing wastewater using bacteria which assimilate lipids. Journal of fermentation and bioengineering, 1991. №6. Vol. 71. P. 424–429.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОЧИСТКИ ДРЕНАЖНЫХ ВОД ПОЛИГОНА ТБО

*Пелипенко А.А., студент 4-го курса 2 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Гогина Е.С., проф., к.т.н.*

Вопросам очистки природных и сточных вод в последние годы посвящено значительное число исследований во многих странах, поскольку предотвращение вредного воздействия отходов жизнедеятельности человека на окружающую среду является одними из основополагающих факторов стратегии экологической безопасности.

На первый план в ряду экологических направлений выдвигается задача очистки фильтрата полигонов твердых бытовых отходов (ТБО), так как дренажные стоки полигонов обладают повышенными концентрациями загрязнений органического и минерального характера, тяжелых металлов.

Выделяют 3 основных источника образования фильтрата на полигонах ТБО:

- атмосферные осадки, инфильтрующиеся через тело полигона, контактирующие с поверхностью массива отходов (основной источник образования фильтрата);

- исходная влажность отдельных видов отходов;

- влага, выделяющаяся из толщи отходов в результате биохимических процессов, сопровождающихся образованием воды при анаэробном разложении их органической составляющей.

На практике различают «молодой» и «старый» фильтрат. «Молодой» фильтрат образуется на начальной стадии эксплуатации полигона после 2-7 лет складирования и захоронения ТБО и длится 5-10 лет. Этот фильтрат характеризуется средним значением pH, высокими значениями ХПК и БПК, высоким содержанием аммонийного азота и железа; состав органических соединений представлен летучими органическими кислотами жирного ряда. «Старый» фильтрат формируется в основном на постэксплуатационном этапе жизнедеятельности полигона. Состав дренажных вод меняется во времени, что отражено в табл. 1, где представлены средние значения основных изменяющихся показателей ДВ.

Цель данной научно-исследовательской работы – реконструкция действующей станции очистки дренажных вод полигона Саларьево, с минимальными капитальными вложениями, как на переоборудование уже существующих сооружений, так и на строительство новых и приобретение нового оборудования. Главная задача – подбор оптимальной схемы, которая обеспечит должные показатели ДВ для их последующего сброса в реку Сетунь. В данный момент сброс осуществляется на поля фильтрации.

В данный момент полигон находится в стадии рекультивации, но дренажные воды будут поступать в течение ближайших десятилетий, именно поэтому было предпринято решение провести реконструкцию действующей схемы.



Текущая схема обработки дренажных вод состоит из следующих сооружений: приемная камера, совмещенная со зданием решеток, первичные отстойники, мешочные фильтры, песчаные фильтры, картриджные фильтры и установка обратного осмоса.

Таблица 1

**Тип фильтрата полигона ТБО и основные изменяющиеся показатели**

Наименование параметра, ед. изм.	«Молодой полигон» – кислотная фаза	«Старый» – метановая фаза
pH	6,0- 7.2	7,5-8,5
ХПК, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	900-40000	450-9000
БПК5 мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	600-27000	20-700
Органич. кислоты, мг/дм <sup>3</sup>	1400-6900	5-1100
Аммонийный азот*, мг/дм <sup>3</sup>	27-5000	27- 5000

Для проведения исследовательской работы нами использовались реальные показатели загрязняющих веществ, полученные в результате лабораторных анализов. Результаты показывают, что дренажные воды характеризуются высокими значениями ХПК, взвешенных веществ и аммонийного азота.

В ходе работы нами были рассмотрены различные методы очистки. Действующие технологии, в основном, базируются на зарубежном опыте, часто не адаптированном к климатическим условиям, конкретному объекту и нередко экономически неоправданные, ввиду более жестких требований российского законодательства к качеству очищенных ДВ, направляемых на слив в водоемы. Для удаления высококонцентрированных загрязнений применяют биохимические (аэробные и анаэробные) и физико-химические методы (окисление, ионный обмен, адсорбция, мембранные методы и прочее).

Среди наиболее инновационных есть предложения и по выпариванию всего потока ДВ (г. Киев), обработке воды лазерными лучами (г. Калуга), использованию биосорбционных фильтров (г. Пермь) и электрокоагуляционно-флотационной технологии (г. Москва), а также по очистке ДВ биологическим методом в системе каскадных биофильтров и малопроточных прудов (г. Самара).

Было выделено три метода, которые представляют из себя комплексные решения в вопросах очистки дренажных вод полигонов ТБО, и являются наиболее оптимальными с точки зрения применяемых технологий.

1-ый метод представляет собой прогрессивную мембранную технологию с эффективными разработками традиционных методов предочистки сильнозагрязненных дренажных вод, содержащих многочисленные компоненты распада органических соединений и минеральные вещества (аммо-

нийный азот, нитраты, растворимые соли, тяжелые металлы). Стадия предрочистки осуществляется с помощью электрохимической обработки дренажных вод, позволяет максимально использовать возможности мембранной технологии.

2-ой метод – мобильный комплекс Альфа представляет из себя модульную систему, которая отличается универсальностью и отсутствием ограничений по концентрации загрязнителей. Система собирается из последовательно соединенных отдельных модулей. Технология основывается на электрохимической очистке с удалением железа и меди на сорбенте, с последующей доочисткой на смолах.

Разработанный электрохемосорбционный метод сочетает и синхронизирует отдельные признаки других физико-химических процессов – фильтрации, флотации, электроокисления, хемосорбции. Основой его является механизм цепного свободнорадикального электроиницированного окисления (деструкции).

3-ий метод включает следующие стадии очистки – узел механической очистки, позволяющий производить очистку от механических, коллоидных частиц; узел тонкой очистки на механическом барьерном фильтре с задерживающей способностью до 20 мкм; узел глубокой очистки и двухступенчатого обессоливания на мембранном модуле; доочистку на ионообменных фильтрах, возврат концентрата в тело полигона для участия в биохимических реакциях.

Для каждой из выбранных схем были найдены опубликованные результаты по очистке фильтрата полигонов ТБО, с показателями загрязнений на входе и выходе. Исходя из этого, была найдена эффективность каждого метода по загрязняющим веществам. На основе полученных значений эффективности, аналитическим путем, были просчитаны результаты очистки применительно к полигону Саларьево. Все данные сведены в табл. 2.

Таблица 2

**Сводная таблица результатов расчета эффективности работы каждого метода**

				установка	1	установка	2	установка	3
	Вход 1	Вход 2	Среднее	эфф	выход	эфф	выход	эфф	выход
Фосфаты(PO4)	49,2	44,4	46,8	-	-	-	-	-	-
Азот аммонийный(NH4)	1107,46	1129,24	1118,35	99,84	1,78936	0	1118,35	99,8	2,24
Нитриты(NO2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Нитраты(NO3)	52,1	58,9	55,5	85,6	7,992	0	55,50	95	2,78
ХПК	4920	6200	5560	93,89	339,716	97,31	149,56	99,3	38,92
нефтепродукты	2,3	2,09	2,195	99,95	0,001098	99,99	0,00	99,5	0,01
Взвешенные в-ва	812	859	835,5	89,76	85,5552	99,74	2,17	98,6	11,70
СО(жесткость?)	8,75	9,23	8,99	99,83	0,015283	0	8,99	99,3	0,06
Железо(Fe)	33,14	10,14	21,64	99,83	0,036788	0	21,64	99,999	0,00
Хлор(Cl)	65	171	118	69,34	36,1788	0	118,00	98	2,36
SO4	322	409	365,5	99,99	0,03655	0	365,50	97	10,97
pH	8,001	7,956	7,9785	26,04	6,939699	0	7,50	0	7,50

По результатам расчета были выделены два метода (№2 и №3), для которых были запрошены коммерческие предложения для проведения экономического сравнения каждой технологии.

Стоимость второго метода составила порядка 10 млн рублей, а третьего 12 млн рублей.

Несмотря на более низкую стоимость 2-го метода, стоит отметить, что 3-ий метод, кроме более качественных результатов очистки, позволяет использовать существующие сооружения, что является одной из основных задач реконструкции, так как рабочая установка 2-го метода представляет из себя морской контейнер, внутри которого установлено необходимое оборудование.

Применение третьего метода, вместо вывода всех сооружений из эксплуатации, вынуждает произвести реконструкцию первичного отстойника, песчаных и картриджных фильтров.

Подводя итог, к применению рекомендована схема номер 3, в виду более высоких показателей качества воды на выходе, низкой себестоимости 1 м<sup>3</sup> очищенной дренажной воды и возможности использования имеющихся сооружений.

#### Библиографический список

1. СНиП 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод.
2. Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: Учебник для вузов под ред. Ю.В. Воронова. – М.: АСВ, 2009. 760 с.
3. Сайт ЗАО БМТ [Электронный ресурс]. – Владимир.: ЗАО БМТ, – Режим доступа: <http://www.zaobmt.com/>, свободный.
4. Сайт ОАО Экологическая группа [Электронный ресурс]. – Калининград: ОАО Экологическая группа, – Режим доступа: <http://www.ecoalfa.ru/>, свободный.

### АВТОМАТИЗАЦИЯ СТАНЦИЙ ОЧИСТКИ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

*Прохоров Е.Е., студент 4-го курса 33 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Гордеев-Бургвиц М.А., доц., к.т.н.*

Данная работа посвящена анализу возможных способов автоматизации систем по очистке сточных вод. В настоящее время большинство очистных сооружений является крайне ресурсозатратными и требуют почти постоянного контроля со стороны сотрудников. Потому вопрос автоматизации данных систем является одним из крайне актуальных.

Основными задачами автоматизации систем по очистке сточных вод являются:

- 1) Технологический контроль за различными элементами очистных сооружений.

2) Уменьшение стоимости очистки сточных вод.

3) Повышение качества рабочего процесса одновременно с сокращением штата обслуживающего персонала.

В качестве примера возможной автоматизации рассмотрим стандартную схему очистки сточной воды, которая представлена на рис. 1.

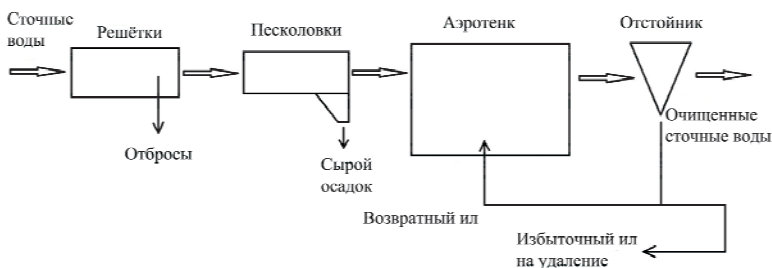


Рис. 1. Схематическая система станции по очистке сточных вод

Основная идея автоматизации данной системы является использование программируемого контроллера. В настоящее время автоматизация большинства очистных сооружений представлена емкими релейно-контактными схемами, пример которых представлен на рис. 2.

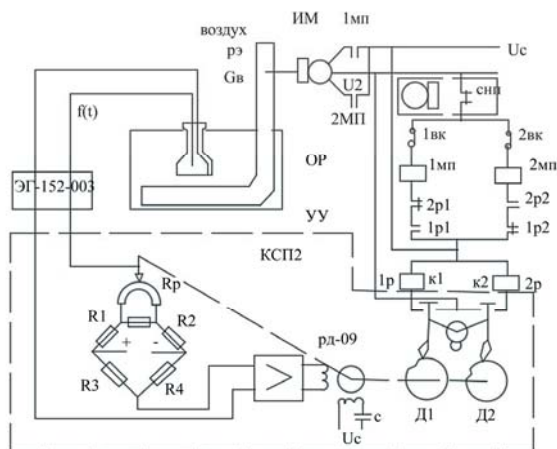


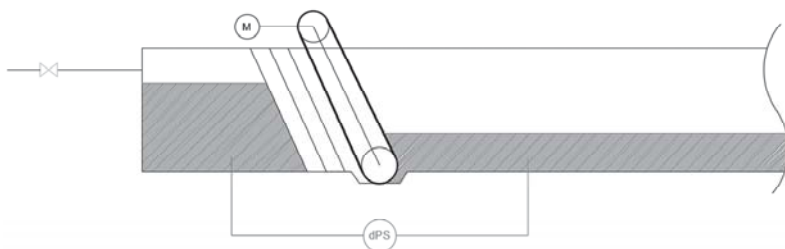
Рис. 2. Принципиальная электрическая схема САР кислородного режима в аэротенке

Подобным системам автоматизации необходим контроль со стороны сотрудников, к тому же они ненадёжны, так как требуют частого ремонта и отладки. С учётом нынешних разработок в сфере автоматизации, данные технологии являются устаревшими.

Использование контроллера в данных системах уменьшит количество используемых элементов. Более того, сократится количество сотрудников, а так же появится возможность введения интеллектуальных систем, для удаленного контроля за системой. Потому использование программируемого контроллера является целесообразным как с практической стороны (высокая надёжность и малые затраты труда), так и с экономической.

Рассмотрим в отдельности все элементы системы.

### Решётки

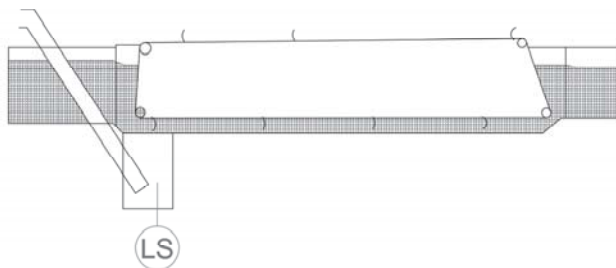


**Рис. 3.** Схема автоматического управления механическими граблями. М – управляемый двигатель, dPS – датчик перепада давления.

Решётки являются первым барьером для массивного мусора.

При автоматизации данного элемента в первую очередь необходимо автоматизировать работу грабель. Запуск системы происходит при подаче сигнала с датчика перепада давления. Появление перепада свидетельствует о том, что критическое количество отходов скопилось на решетках. При получении сигнала о перепаде, происходит запуск двигателя, который приводит в действие грабли. Предусмотрен сигнал об аварии, при критическом количестве отходов, которые не счищаются посредством граблей. Данный сигнал поступает в том случае, если при длительной очистке решёток сигнал о перепаде давления не пропадает.

### Песколовки

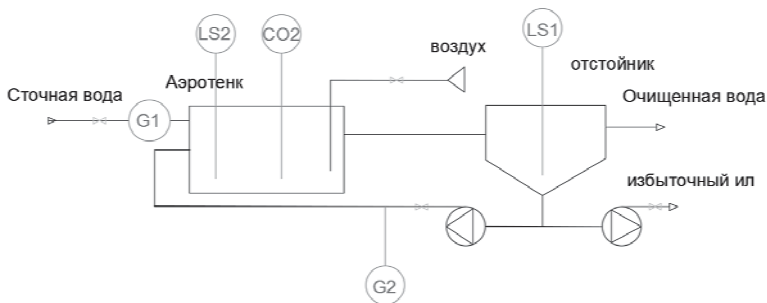


**Рис. 4.** Схема автоматического управления песколовкой. LS – датчик уровня песка

Функция песколовок заключается в очистке воды от песка. Удаление песка из песколовки производится по мере заполнения бункера; его заполнение регистрирует датчик уровня, также расположенный в бункере песколовки. Сигнал о достижении заданного уровня производит запуск гидроэлеватора для удаления песка.

### Аэротенк

Процесс биологической очистки загрязняющих веществ ведется в аэротенках. В них происходит непосредственный контакт сточных вод с организмами активного ила в присутствии соответствующего количества растворенного кислорода и последующим отделением активного ила от очищенной воды в отстойниках.



**Рис. 5.** Схема автоматического управления комплексом «Аэротенк – вторичный отстойник». G1, G2 – датчики расхода воды и ила. LS1, LS2 – датчики уровня. CO2 – датчик содержания кислорода.

При автоматизации данного элемента основной задачей является автоматическое регулирование подачи кислорода и ила в аэротенк. Регулирование происходит за счет датчиков уровня и концентрации в самом аэротенке, а также задвижек на линиях воздуха и поступающего ила. Помимо этого идет регуляция и анализ расхода воды и ила за счет датчиков расхода.

На основе данного материала есть возможность подготовки и реализации современных проектов систем очистки сточных вод. Данная тематика является крайне важной, так как использование устаревшего оборудования и систем ведёт к излишним расходам и замедленному неустойчивому рабочему процессу.

### Библиографический список

1. Гордеев-Бургвиц М.А. Математическое описание в обобщенных производных систем управления электроприводами мощных агрегатов в строительных и горных машинах и в системах водоотведения // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2013. Вып. 4(29). URL: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Gordeev-Burgvits-2013\\_4\(29\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Gordeev-Burgvits-2013_4(29).pdf).

2. Гордеев-Бургвиц М.А., Михайлин А.В., Кнут Хартенштейн, Хайко Киршке. Нано-технологические способы и средства для измерения качественных параметров питьевых вод и их обработка в ФРГ на примере области Северно-Рейнская Вестфалия (Nordrhein-Westfalen) и Москвы. // Научно-технический Вестник Поволжья. 2013. № 6. С. 236-238.

3. Гордеев-Бургвиц М.А., Иващенко А.С. Автоматизация осветления воды. // Научное обозрение. 2015. № 24. С. 139-142.

4. Гордеев-Бургвиц М.А., Иващенко А.С. Автоматизация технологических процессов на водоочистных сооружениях г. Нижневартовска. // Научное обозрение. 2016. № 1. С. 90-93.

5. Гордеев-Бургвиц М.А. Общая электротехника и электроника: учебное пособие – М.: НИУ МГСУ, 2015.

6. Баженов В.И., Эпов А.Н., Носкова И.А. Математическое моделирование объекта очистки сточных вод / Экологический вестник России. 2011. №4. С. 30-35.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

*Пудова А.А., студентка 4-го курса 32 группы ИИЭСМ*

*Научные руководители – Гордеев-Бургвиц М.А., доц., к.т.н.,*

*Безбородов Л.В., проф., к.т.н.*

Сорбция воды занимает особенное место в числе используемых методов очистки воды. При данном методе используются аппараты циклического и непрерывного действия. Преимуществами являются не только простота технологических схем, но и надежность. Особенно эксплуатационные преимущества очевидны при очистке производственных сточных вод, так как получение побочных продуктов оказывается экономически выгодным и целесообразным. Тип адсорбера, место его расположения в комплексе очистного сооружения и области применения сорбционной очистки являются критериями выбора технологической схема процесса.

В МГСУ постоянно ведутся работы по автоматизации систем водоснабжения и водоотведения и международный мониторинг аналогичных сооружений [1-6].

Себестоимость единицы обработанных потоков оказывается одним из важных критериев управления технологическими системами очистки природных и сточных вод в настоящее время. Этот показатель является частью более укрупненных и сложных, таких как доход производства. Себестоимость очистки сточных вод складывается из затрат на определенный период времени, разделенных на объем потоков воды, обработанных за этот период. С первого взгляда, формула кажется простой, однако при выполнении расчета неминуемо возникают проблемы, связанные со значительным количеством первичных данных, которые необходимо ввести в компьютер. Так, на больших очистных сооружениях, число показателей, снятых с датчиков, превышает несколько сотен. Существует способ уменьшить число

информации, которая подлежит вводу, с помощью уменьшения количества точек измерения расхода воды, электроэнергии и остальных показателей. Но на действующих комплексах это оказывается слишком дорогостоящей задачей, требующей крупной реконструкции систем водоснабжения и электроснабжения. Это потребует долгосрочной остановки работы станции. Данный способ необходимо использовать при проектировании новых водоочистных станций.

Статьи, из которых складывается себестоимость водообработки, можно разделить на два типа:

- соответствующие технологическому режиму системы обработки воды (прямые затраты на материалы, электроснабжение);
- определяемые техническим уровнем системы, уровнем ее эксплуатационных качеств, определяемых в течение долгого времени, и причинами, не зависящими от системы автоматического управления (заработная плата рабочих, амортизационные отчисления).

Автоматизация измерения многих показателей, таких как состав вод или иловых смесей, подлежащих обработке, существенно затруднена некоторыми свойствами исходных потоков. Например, детали, требующие погружения в обрабатываемые воды, засоряются, заливаются, а датчики обрастают.

Несмотря на это, в современных водоочистных системах используются двенадцать моделей конструкций расходомеров, пять различных уровнемеров, восемь типов плотномеров (см. рис 1).

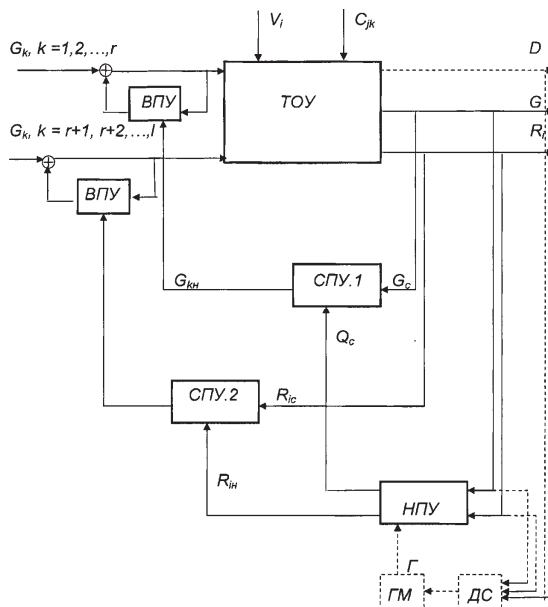


Рис. 1. Иерархическая система управления процессом очистки сточных вод



К сожалению, автоматизация измерения показателей состава природных и сточных вод, подлежащих обработке сорбентами, показывает довольно скромные успехи. Определить качество обработки этих потоков, а также технологический режим, можно измеряя содержание определенного числа химических компонентов.

Операции переключения технологического оборудования зачастую необходимо учитывать при выборе наиболее эффективного режима работы аппаратов циклического действия. Данную задачу необходимо решить во время автоматизации управления сорбционными системами очистки природных и сточных вод. В связи с тем, что оборудование будет использоваться в различных технологических режимах, данные операции требуют оптимизации стратегии переключения, формулируемой в виде алгоритма управления. Система водоснабжения и водоотведения во всех отраслях промышленности, а также в городском хозяйстве постоянно развивается и совершенствуется. Эти процессы сопровождаются появлением качественных изменений в технологиях, которые, безусловно, знаменуются усложнением управления технологическим оборудованием. Это является причиной увеличения количества логических операций, осуществление которых, нужно исполнять при осуществлении сорбционных процессов водообработки в насыпных фильтрах – аппаратах циклического действия. Задача автоматизации требует поиска наиболее эффективных путей использования оборудования. Возникает необходимость сочетать множество операций переключения, связанных необходимостью согласования циклов отдельных аппаратов, которые работают на один коллектор. Особенное внимание следует обратить на задачу замены оборудования при выводе адсорберов на регенерацию и в резерв.

Таким образом, управление циклическими системами сорбционной очистки воды в первую очередь требует грамотного выбора оптимального варианта использования оборудования, которое необходимо сочетать с определенными операциями переключения, стратегия которых должна формулироваться в виде алгоритма управления, предусматривающего выполнение ряда условий, связанных с применением оборудования в различных технологических режимах.

#### Библиографический список

1. Гордеев-Бургвиц М.А., Михайлин А.В., Кнут Хартенштейн, Хайко Кишке. Нано-технологические способы и средства для измерения качественных параметров питьевых вод и их обработка в ФРГ на примере области Северно-Рейнская Вестфалия (Nordrhein-Westfalen) и Москвы. // Научно-технический Вестник Поволжья. 2013. № 6. С. 236 – 238.

2. Гордеев-Бургвиц М.А. Общая электротехника и электроника: учебное пособие / М.А. Гордеев-Бургвиц; М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. Москва: НИУ МГСУ, 2015. 336 с.

3. Попкович Г.С., Гордеев М.А. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 1986. – 392 с.

4. Баженов В. И., Эпов А. Н., Носкова И. А. Математическое моделирование объекта очистки сточных вод // Экологический вестник России. 2011. №4. С. 30–35.

5. Гордеев-Бургвиц М.А., Макарова И.А., Полюшкина А.А. Автоматизация управления процессом сорбционной очистки сточных вод. // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2008. № 7. С. 82-85.

6. Гордеев-Бургвиц М.А., Макарова И.А. Декомпозиция задачи управления системами сорбционной очистки природных и сточных вод. // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 6 (582). С. 85-88.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ «ЯУЗСКАЯ»**

*Мугаттарова А.М., студентка 4-го курса 32 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Фокина Е.Н., старший преподаватель*

Вспомним случай из истории, когда сын римского императора Веспасиана Тит Флавий упрекнул отца за то, что тот ввел налог на канализацию (Cloaca maxima), отец протянул сыну горсть монет и сказал: «Деньги не пахнут, сынок».

Доктор психологии Абрахам Харольд Маслоу, всемирно известный своей пирамидой четко определил иерархию человеческих потребностей, отрядив физиологическим низменную, основополагающую ступень. И как показывает ход истории, оказался абсолютно прав. Но мир изменяется, меняется общество и его сознание. И мало кто задумывается о том, что за всем этим блеском в ваших домах, отелях, общественных местах, скрывается сложная система, состоящая из множества канализационных насосных станций, очистных сооружений и станций биологической очистки сточных вод. И эти системы отнюдь не молоды. Первые упоминания о них относятся к Вавилону, Египту и Риму (2500-5000 лет назад). И прогресс и инновации не обходят стороной и эту неотъемлемую часть нашей жизни, образующую внешний лоск окружающего мира, видимого взгляду обывателя.

На сегодняшний день системы водоотведения нуждаются в модернизации и введению новаторских решений, в том числе их важнейший элемент – канализационно-насосная станция. Рассмотрим пример внедрения автоматизационных процессов на КНС «Яузская».

КНС «Яузская» – объект производственного назначения, предназначенный для перекачки сточной жидкости, производительностью - 250 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Режим работы КНС – круглосуточный.

Сточные воды от Левобережного и Правобережного каналов поступают в приемные камеры, в каждой из которых установлены щитовые затворы, автоматически срабатывающие на поступление вод.

Сточная жидкость по обоим каналам попадает в грабельное помещение, в котором размещены устройства комбинированного измельчителя Discam, представляющий собой модульную конструкцию из дискового экрана, просеивающего поток по всей ширине лотка и отбрасывающего включения на дробилку-измельчитель. Экран и измельчитель, в свою очередь, оборудованы электрическими приводами (рис. 1, а).

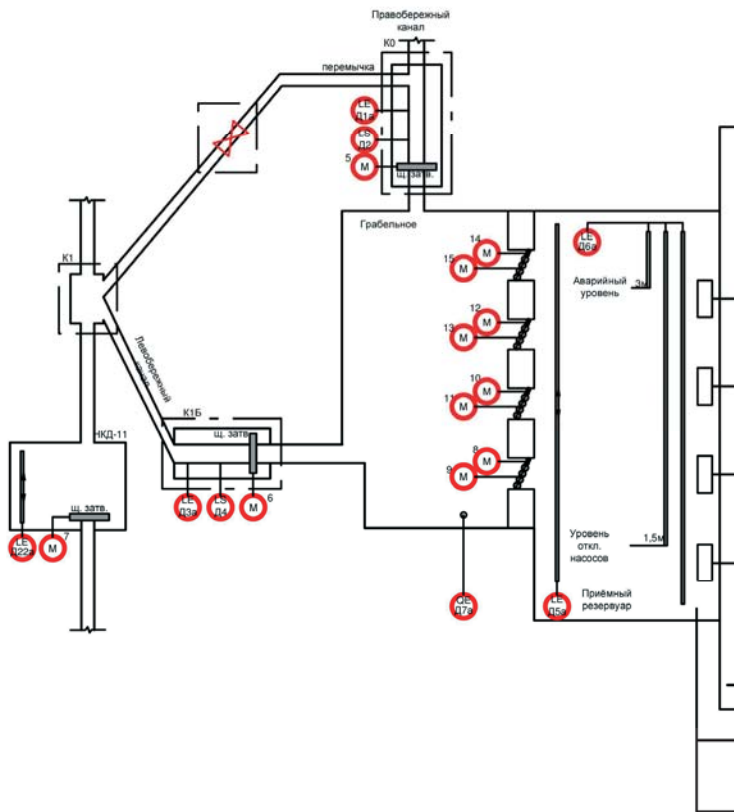


Рис. 1, а.

Для обеспечения контроля загазованности грабельного помещения предусмотрен газоанализатор-сигнализатор. Сигнализатор предназначен для непрерывного автоматического измерения дозврывоопасных концентраций одиночных горючих газов, паров горючих жидкостей и их совокупности в воздухе рабочей зоны, и выдачи сигнализации о превышении установленных пороговых значений.

Для отвода взрывоопасных газов из гребельного помещения предназначены вентиляционные системы.

После гребельного помещения сточные воды поступают в приемный резервуар, оборудованный 2 датчиками уровня воды, один из которых является резервным (рис. 1, б).

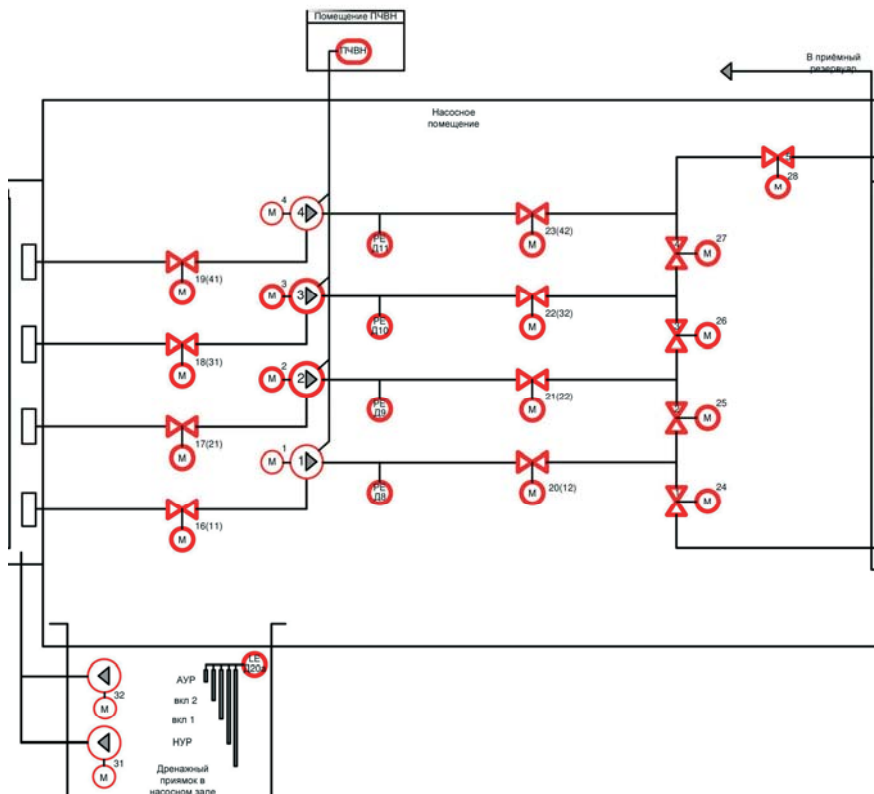


Рис. 1, б.

В качестве запорно-регулирующей арматуры в насосном помещении служат: 4 задвижки на всасе, 4 задвижки на напоре, 3 секционных задвижки и 2 отсекающих на напорных водоводах.

На каждом водоводе предусмотрен датчик давления для контроля давления в трубах, значение которого определяется мощностью включаемых насосов.

С целью избежания возможного затопления в насосном помещении предусмотрен дренажный приемок, в котором расположены 2 дренажных насоса для перекачки сточных вод.

После насосного помещения сточная жидкость по напорным водоводам поступает в камеры расходомеров, на трубах которых для измерения давления используются датчики давления, а для измерения расхода – расходомеры.

На случай образования грунтовых вод в обеих камерах для сигнализации установлены поплавковые уровнемеры, для отведения же грунтовых вод предусмотрены погружные дренажные насосы (рис. 1, в).

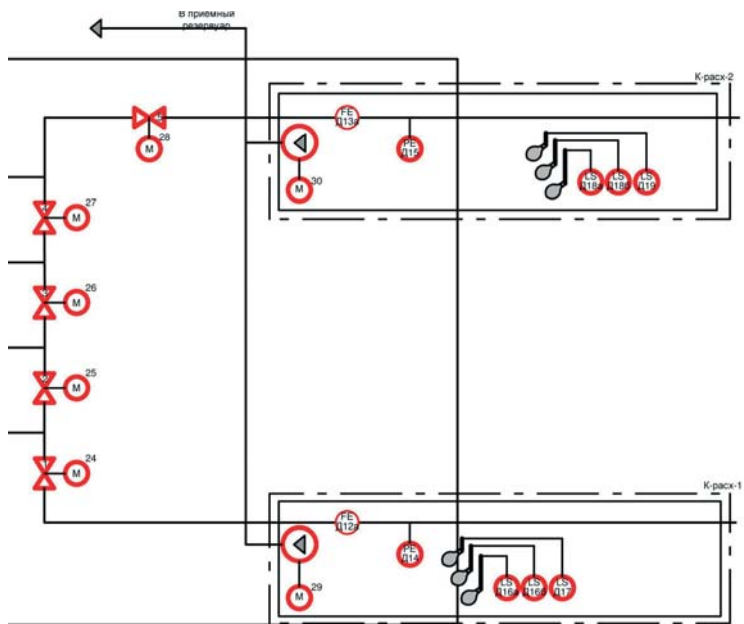


Рис. 1, в.

Сигналы состояния КНС поступают в систему по сети Modbus. Управление оборудованием осуществляется по цифровым каналам. Органы управления режимами работы оборудования находится на шкафах управления, расположенных в операторской насосной станции.

Важность внесения улучшений и проведения работ по автоматизации в очередной раз подчеркивает свежий случай аварии, произошедшей на канализационной насосной станции №1 Красногорского района Подмосковья в конце 2015 года. Всему виной послужило отсутствие газоанализатора в помещении приема сточных вод, что привело к невозможности определить наличие взрывоопасных веществ, а именно метана.

Как показывает практика, в странах, где введена повсеместная автоматизация канализационных насосных станций, достигаются наилучшие результаты. Снижается потребление электроэнергии за счет применения энергосберегающих осветительных приборов.

В результате исключения человеческого фактора повышается надежность и обеспечивается бесперебойность в работе системы. Аварийные ситуации практически сведены к минимуму. Функции дежурного сотрудника сводятся только к наблюдению за показаниями приборов во время дежурства в удаленной диспетчерской.

Думается, оказался Тит Флавий в наше время, его желание упрекнуть отца во введении налогов на канализацию сменилось бы желанием поднять эти налоги вдвое.

### Библиографический список

1. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Жуков А.И., Колобанов С.К. Канализация. Учебник для вузов. Изд. 5-е, перераб. и доп., - Москва: Стройиздат, 1975.
2. Когановский А.М., Клименко Н.А. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении//Издание: "Энергия", 1970 г.
3. Эгильский И.С. Автоматизированные системы управления технологическими процессами подачи и распределения воды. Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1988 г.
4. Репин Б.Н., Запорожец С.С., Ереснов В.Н., Трегубенко Н.С., Мялкин С.М. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения, М.: Высш. шк., 1995 г.

### К АВТОМАТИЗАЦИИ АЭРОТЕНКОВ

*Цветков Е.А., студент 2-го курса 32 группы ИИЭСМ  
Научные руководители – Нечитаева В.А., доц.,  
Гордеев-Бурговиц М.А., доц., к.т.н.*

В статье рассматривается вопрос актуальности внедрения систем автоматизации в такие средства очистки сточных вод как аэротенки. Аэротенком называется открытый бассейн, оснащенный устройствами принудительной аэрации, установка с непрерывно циркулирующей сточной водой. Биоочистка сточных вод в аэротенках происходит посредством функционирования микроорганизмов активного ила. Сточная вода непрерывно смешивается и аэрируется до полного насыщения кислородом. В аэротенках в качестве окислителя употребляется воздух.

Продолжительность аэрации рассчитывается по формуле:

$$T = \frac{L_0 - L_2}{aD}$$

Удельный расход воздуха:

$$D = \frac{a(L_0 - L_2)}{100k_1 k_2 n_1 n_2 (c - b)}$$

Для улучшения биологической очистки сточных вод на практике можно применять роторный аппарат с модуляцией потока РАМП [1]. Устройство ускоряет процесс растворения кислорода в рассматриваемой среде, вследствие расширения площади межфазной поверхности без роста объёма предоставляемого воздуха. Кроме того, гидродинамическое и акустическое влияние дает возможность проводить регулирование процесса размерной регенерации на микроорганизмы, что заметно увеличивает их способность к довольно продолжительной активной очистке водной среды от растворенных добавок. Малогабаритность устройства, простая схема подсоединения его в цепочку активации возвратной части активного ила для введения в аэротенк, позволяет автоматизировать процесс и эффективно управлять параметрами обрабатываемой среды

На рис. 1 изображена блок-схема, поясняющая рассматриваемый способ автоматизации работы аэротенков.

Рассматриваемый способ автоматизации функционирует следующим образом. После сигнала счетчика расхода сточной воды «1», который поступает на входы регуляторов «2», подсчитывается подача дозаторов «3», обеспечивающих равномерную загрузку аэротенков. Тот же самый сигнал от счетчика расхода сточной воды «1» попадает на вычислительное устройство «5», куда также попадают сигналы со счетчиков концентрации растворенного кислорода «4» в каждом аэротенке. Сигналы со счетчиков концентрации растворенного кислорода складываются

$\sum_{i=1}^n KPK_i = KPK_1 + KPK_2 + \dots + KPK_n$  (1) и вычисляется среднее значение концентрации растворенного кислорода в группе аэротенков

$KPK_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n KPK_i}{n}$  (2), при n – количество параллельно работающих аэротенков;  $KPK_i$  – концентрация растворенного кислорода в i-том аэротенке.

После чего величина  $KPK_{cp}$  сравнивается с величиной  $KPK_{ti}$  (текущее значение концентрации растворенного кислорода в i-м аэротенке) и на основе разности  $KPK_{ti} - KPK_{cp}$  вырабатывается сигнал управления

$|KPK_{ti} - KPK_{cp}| \geq \Delta KPK$  (3). Если условие (3) выполняется и при этом величина ( $KPK_{ti} - KPK_{cp}$ ) имеет отрицательный знак, то вырабатывается сигнал управления повысить подачу воздуха в i-м аэротенке. Этот сигнал поступает на регулятор расхода воздуха сравниваемого аэротенка «8», который связан с исполнительным механизмом «9» подачи воздуха в i-й аэротенк.

Если условие (3) выполняется, но значение ( $KPK_{ti} - KPK_{cp}$ ) имеет положительный знак, то вырабатывается сигнал для уменьшения подачи воздуха в i-ом аэротенке, который также поступает на регулятор «8» сравниваемого аэротенка. После опроса всех измерителей концентрации растворенного кислорода «4» и сравнения их текущего значения со средним, средняя величина концентрации растворенного кислорода изменится на величину  $\Delta KPK$  и процесс опроса повторится.

Из этого следует, что регулирование процесса очистки производится вычислительным устройством «5», реализующим вышеприведенные зависимости (1), (2), (3) по изложенному алгоритму. Помимо этого, на выходе

вычислительного формируется сигнал, который управляет работой воздушной станции «б».

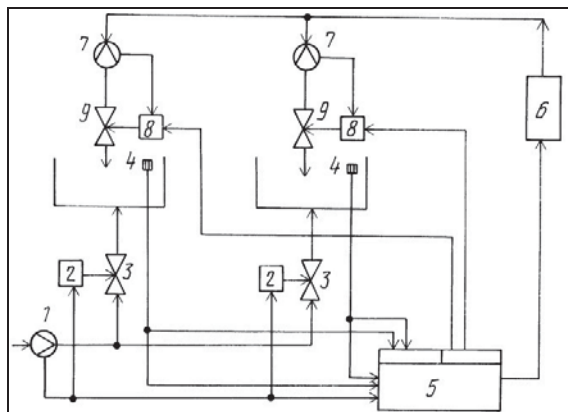


Рис. 1. Схема автоматического управления аэротенками [2]

Итогом сравнения величины средней концентрации растворенного кислорода с величинами концентрации растворенного кислорода в каждом из четырех аэротенков (а также знак полученной разности) является влияние на создание сигнала управления об увеличении или уменьшении подачи воздуха в должный аэротенк по вышеприведенному алгоритму [2].

Человечеству уже давно пора начать массово внедрять системы автоматизации для управления аэротенками. Способы автоматизированного управления в будущем позволят нам экономить энергопотребление, увеличивать скорость аэрации, полностью диспетчеризировать технологию очистки сточных вод.

#### Библиографический список

1. Денисов С.Е., Максимов С.П., Алексеев И.А., Максимова А.Е. Интенсификация и управление процессом биологической очистки сточных бытовых вод. // Технические науки – от теории к практике. 2015. № 11 (47).
2. Зоткин А.П., Рульнов А.А. Способ автоматического управления аэротенками. Патент №2057723.
3. Гордеев-Бургвиц М.А. Основы алгебры-логики и проектирование систем управления электроприводами объектов стройиндустрии. Учебное пособие. – М. МГСУ, 2012.
4. Гордеев-Бургвиц М.А., Макарова И.А., Полюшкина А.А. Автоматизация управления процессом сорбционной очистки сточных вод. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2008. № 7. С. 82-85.
5. Гордеев-Бургвиц М.А., Иващенко А.С. Автоматизация технологических процессов на водоочистных сооружениях г. Нижневартовска. // Научное обозрение. 2016. № 1. С. 90-93.



## ПРОИЗВОДСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОГАЗА КАК АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЭНЕРГОНОСИТЕЛЯ

*Юнчина М.Н., студентка 4-го курса 3 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Макиша Н.А., доц., к.т.н.*

Хозяйственная деятельность человека, непрерывный технический прогресс стали причинами глобального экологического кризиса. Одной из основных экологических проблем является «парниковый эффект» и связанное с ним изменение климата. Выбросы метана в атмосферу оказывают влияние на парниковый эффект в 21 раз большее, чем выбросы углекислого газа, причем метан в атмосфере может находиться 12 лет. На очистных сооружениях образуется огромное количество биогаза, использование которого позволит решить некоторые проблемы экологии.

Биогаз получают путем анаэробного сбраживания биомассы за счет распада жиров, белков и углеводов, которые составляют основную часть органического вещества (до 80%).

Метановое разложение биомассы происходит под воздействием трех видов бактерий: гидролизных, кислотообразующих и метанобразующих. Согласно современным представлениям, анаэробное сбраживание включает четыре взаимосвязанные стадии:

1. Стадия ферментативного гидролиза. В результате гидролиза нерастворенных сложных органических соединений образуются более простые растворенные вещества.

2. Ацидогенная (кислотогенная) стадия сопровождается выделением летучих жирных кислот, аминокислот, спиртов, а также водорода и углекислого газа.

3. Ацетогенная стадия превращения летучих жирных кислот, спиртов и аминокислот в уксусную кислоту.

4. Метаногенная стадия осуществляется различными группами метаногенов. В результате метан образуется двумя путями: расщеплением ацетата или восстановлением диоксида углерода.

В настоящее время широкое распространение получили биогазовые установки. В Дании использование биогаза составляет до 18% в ее общем энергобалансе. Германия занимает ведущее место по количеству средних и крупных установок – около 4 тыс. шт. по данным Немецкой биогазовой ассоциации за 2007 г.

Широко применяются биогазовые установки и в развивающихся странах. В Китае около 12 млн хозяйств используют биогазовую энергию для освещения, отопления, приготовления пищи, в Индии – 3,7 млн, в Непале – 140 тыс.

Применение биогаза хорошо себя зарекомендовало и в России. В 2009 году на Курьяновских очистных сооружениях была запущена мини-теплоэлектростанция мощностью 10 МВт, которая позволяет обеспечить до 50 % тепло- и электроэнергии за счет собственного производства.

Интересен опыт использования биогаза и в Швеции: производимый на очистных сооружениях в Хаммарбю Хёстад биогаз используется для заправки автомобилей. На биогазе ходят городские автобусы, уборочная техника, многие частные машины. При этом было установлено, что по сравнению с традиционными грузовиками, заправляемыми дизельным топливом, уровень выбросов монооксида углерода и твердых частиц от современных грузовиков, работающих на природном газе, сокращается на 90%, а выбросы оксидов азота (NOx) – более чем на 50%.

Химический состав биогаза представлен метаном и диоксидом азота с незначительными примесями сероводорода, азота и водорода, кроме того, газовая смесь при выходе из реактора насыщена водой. Для того, чтобы биогаз можно было использовать как автомобильное топливо, его необходимо очистить от всех примесей, причем содержание метана должно составлять не менее 85%, а углекислого газа – не менее 14%. Это минимальные требования к заправке биогазом обычных карбюраторных автомобилей.

На сегодняшний день существует 3 основных способа очистки биогаза:

- метод жидкого (мокрого) и твердого (сухого) химического поглощения примесей (абсорбционный и адсорбционный)
- метод мембранного разделения
- вымораживания (криогенный метод).

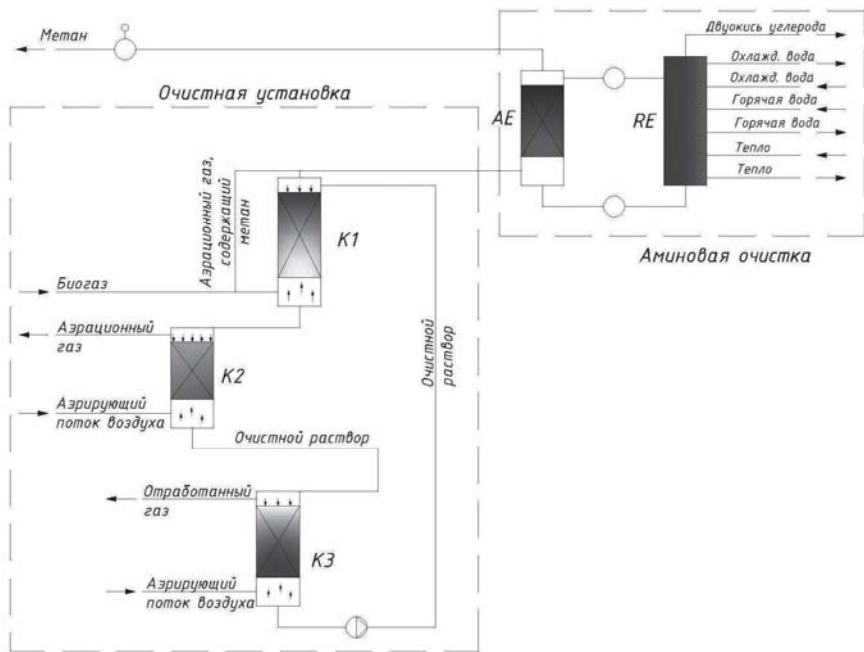
Для того чтобы удалить нежелательные соединения, биогаз необходимо подвергнуть переработке в многостадийном процессе. Очистка газовой смеси, как правило, включает в себя следующие основные этапы:

- 1) удаление воды
- 2) десульфурация
- 3) удаление двуокси углерода
- 4) удаление аммиака.

Как правило, каждая стадия подготовки биогаза производится раздельно. Физические или химические методы, такие как, очистка напором воды, мембранными процессами, адсорбцией, аминовая очистка и др. позволяют удалить углекислый газ, небольшое количество сероводорода, в некоторых случаях воду и аммиак. Но многие из этих способов являются энергоемкими и ведут к потерям метана. Аминовая очистка экономически оправдана, но только если загрязненный очистной раствор может быть регенерирован.

Существует метод очистки биогаза, позволяющий увеличить количество извлекаемого метана и снизить энергозатраты (рис. 1).

Установка включает в себя три очистные колонны, соединенные последовательно: очистную колонну К1, 1-ую испарительную колонну К2 и 2-ую испарительную колонну К3. Каждая колонна содержит загрузочный материал, представляющий собой полиэтиленовые или пропиленовые частицы. Высота слоя загрузки зависит от требуемой степени удаления углекислого газа и составляет от 2 до 16 м.



**Рис. 1.** Система очистки биогаза для извлечения метана

Очистка биогаза осуществляется по принципу противотока: газ подается ниже слоя загрузки, а очистной раствор – сверху на загрузку. В результате углекислый газ, сероводород, аммиак и другие органические водорастворимые вещества связываются в чистой воде и направляются в 1-ую испарительную колонну, а метановый газ отбирается у головы очистной колонны.

Загрязненный очистной раствор очищается в 1-ой испарительной колонне путем добавления аэрирующего воздуха ниже слоя загрузочного материала, также по принципу противотока. В этом процессе образуется отработанный кислородсодержащий азриционный газ, имеющий качество топливного газа.

Во второй очистной колонне загрязненный очистной раствор очищается также по принципу противотока посредством добавления, по меньшей мере, 25% аэрирующего воздуха, при этом остаточное содержание углекислого газа в воде менее 200 мг/л. Очищенный очистной раствор возвращается на очистную ступень.

Для дальнейшего обогащения метаном метанового газа, он может подаваться на аминовую очистку, причем затраты энергии и потери метана в этом случае будут значительно снижены в результате удаления из биогаза основной части примесей. Установка для аминовой очистки подключается

факультативно и включает в себя абсорбционную установку АЕ для удаления диоксида углерода и регенерационную установку RE для регенерации очистного раствора.

Анализируя вышесказанное можно сделать вывод, что использование биогаза имеет ряд преимуществ:

- предотвращение выбросов метана в атмосферу и улучшение экологической ситуации;
- возможность использования вторичного сырья для выработки электроэнергии, тепла и автомобильного топлива;
- применение биогаза в качестве автомобильного топлива значительно снижает выбросы монооксида углерода и оксидов азота в атмосферу.

#### Библиографический список

1. <http://www.freepatent.ru/patents/2495706>. Патент РФ 2495706. Патентообладатель: ДГЕ ДР.-ИНЖ. ГЮНТЕР ИНЖИНИРИНГ ГМБХ (DE)
2. <http://www.rea.org.ua/dieret/Fuels/biogas.html>
3. Блинова Л. А. Биогазовые установки как альтернативный источник энергии в АПК РФ [Текст] // Проблемы современной экономики: материалы II междунар. науч. конф. (г. Челябинск, октябрь 2012 г.). — Челябинск: Два комсомольца, 2012. С. 41-44.
4. Водоотведение и очистка сточных вод. Под общей ред. проф., д.т.н. Ю.В. Воронова. М.: Изд-во АСВ, 2009. с. 492-498.

### **БИОРЕАКТОРЫ С РАЗВИТОЙ АКТИВНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ – СОВРЕМЕННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

*Белаш О.А., магистрант 1-го курса 4 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Алексеев Е.В., проф., д.т.н.*

На сегодняшний день проблема очистки сточных вод выходит на первый план. С 50-х годов особенно остро встал вопрос пагубного воздействия сточных вод на водные объекты, что приводило к эвтрофикации водоёмов. В связи с этим стало необходимо разрабатывать особые нормативные документы, в которых прописывались условия сброса сточных вод в водный объект.

В России гораздо позже начали использовать синтетические моющие средства в быту, поэтому эвтрофирование водоёмов стало заметно в 70-х годах.

С каждым годом состояние водных объектов ухудшается, поэтому пришлось ужесточить требования к очистке сточных вод от биогенных элементов [1].

Водная растительность водоёмов имеет тенденцию разрастаться под влиянием присутствующих в них питательных веществ и биогенных веществ (соединений азота и фосфора), действующих стимуляторов способствующих интенсивной эвтрофикации водоёмов. Биогенные элементы из-за

недостаточной очистки попадают в водные объекты, где под прямыми воздействиями среды приводят к:

- повышают рост продуцируемой биомассы;
- изменяют видовое разнообразие;
- учащают период цветения;
- снижают прозрачность воды и доступ света;
- повышают рост органических веществ на дне;
- уменьшают глубину произрастания вследствие затемнения [3].

Все эти факторы приводят к росту потребления кислорода, вызванному ускоренным продуцированием органических веществ. Дефицит кислорода и образование сероводорода приводит к гибели водного объекта.

В таких условиях водный объект заболачивается и становится непригодным для жизнеобеспечения. Основным поставщиком питательных веществ являются сточные воды.

Итак, давайте подробнее разберем классификацию биореакторов.

По методу очистки сточных вод реакторы делятся на:

а) Биологические; это аппарат для проведения биохимических реакций (процессов) в аэробной или анаэробной среде при заданной температуре, давлении, рН и других факторов с помощью специальных микроорганизмов.

б) Химические; это аппарат для проведения химических реакции при заданных температурах и давлениях.

в) Физико-химические [4]

Биологические реакторы в свою очередь классифицируются по таким признакам:

1. По подаче воздуха:

- а) аэробные;
- б) анаэробные;
- в) аэробно-анаэробные.

2. По иммобилизации микроорганизмов в аппарате:

- а) с прикрепленными микроорганизмами на загрузке;
- б) с плавающей микрофлорой:
  - в рабочем объеме;
  - в рабочем слое.
- с) комбинированные.

3. По конструктивным особенностям:

- а) с прикрепленной насадкой;
- б) с вращающейся насадкой;
- в) с псевдоожиженным слоем.

4. По другим признакам:

- а) по виду загрузки (плоская, объемная и др).
- б) по форме реактора (конические, цилиндро-конические, пирамидальные, тороидальные и др.).

В последние годы за рубежом стали разрабатываться и интенсивно внедряются различной конструкции биореакторы для глубокой очистки сточных вод с прикреплённой биомассой.

Современные конструкции биореакторов весьма разнообразны. Удержание биомассы в них производится с помощью внутренних специальных перегородок, либо с помощью иммобилизации (метод создания неподвижности) на загрузочных материалах-носителях [2].

I. Анаэробный биореактор со свободноплавающей микрофлорой в рабочем объеме.

Происходит процесс анаэробного разложения органических веществ происходит в рабочем объеме микроорганизмами, которые поддерживаются во взвешенном состоянии с помощью механического перемешивания или барботажа.

II. Анаэробный биореактор со свободноплавающей флорой в рабочем слое.

Процесс анаэробного окисления органических веществ происходит при движении сточных вод через уплотненный и частично гранулированный слой анаэробной микрофлоры, находящейся в нижней части реактора.

Иммобилизованная биомасса.

1. Ферментативная активность биопленки выше, чем у свободноплавающего активного ила (играют важнейшую роль в обмене веществ микроорганизмов).

2. В сооружение поддерживается постоянная концентрация активного ила, что снижает затраты на рециркуляцию.

3. Пониженный расход воздуха, так как кислород необходим только для жизнеобеспечения ила, а не для перемешивания иловой смеси.

4. Возможность реконструкции аэротенков в биотенки, и повышение качества очистки при том же объеме сооружения.

III. Анаэробный биореактор с прикрепленной микрофлорой на неподвижной загрузке.

Анаэробное разложение органических загрязнений сточных вод происходит при движении сточной воды снизу вверх или сверху вниз через слои инертной загрузки (гравий, стекло и т. п.) покрытой биопленкой. Для того, чтобы реактор нормально функционировал нужно, чтобы удельная поверхность загрузки была не менее 100 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>.

IV. Аэробный биореактор с прикрепленной микрофлорой на подвижной загрузке.

В этом сооружении разложение органических веществ происходит под воздействием микроорганизмов, иммобилизованных на вращающуюся загрузку (насадку) – роторные, дисковые биофильтры.

Толщина биопленки, образующейся на загрузке, играет существенную роль в процессе окисления. Увеличение ее уже в 1,5-1,8 мм повышает окислительную мощность биофильтров.

Роторный биофильтр – это непрерывно вращающийся барабан полупогруженный, сетчатый, заполнен насадкой из тонкостенных пластмассовых колец диаметром 20-60 мм Производительность установки от 2 м<sup>3</sup>/сутки до 250 м<sup>3</sup>/сутки. Предназначена для очистки бытовых и производственных

сточных вод, молочных, мясоперерабатывающих, овощеперерабатывающих предприятий [6].

V. Аэротенки с погружаемым наполнителем (загрузкой).

Погружаемый наполнитель (загрузка) являет собой дополнительную, с прямой вентиляцией плоскость, на поверхности которой образуются колонии микроорганизмов, и используется в биореакторах с целью увеличения биомассы. Благодаря большой удельной поверхности ( $200 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ) и большому объему свободного пространства (96-93 %), как минимум вдвое увеличивается продолжительность контакта воздушных пузырьков, тем самым значительно повышается кислородная подпитка сточных вод.

VI. Биореакторы с прикрепленной микрофлорой на псевдоожиженной загрузке.

Данный реактор целесообразно применять для очистки высококонцентрированных производственных сточных вод, т.е. в тех случаях, когда ХПК более 6000 мг/л. Также реактор с псевдоожиженным слоем инертной загрузки с иммобилизацией на ней микроорганизмов используют для очистки повторно используемых оборотных сточных вод.

В следствии того, что поток жидкости движется снизу вверх, загрузка находится во взвешенном состоянии, то есть в состоянии псевдоожижения.

В качестве загрузки можно использовать кварцевый песок, стекло, активированный уголь, кусочки лавы, пластмассовую крошку (гранулированные полиэтилен, полистирол), газонаполненный алюмосиликат.

В последнее время широко исследуются биореакторы, где биопленка закрепляется на погруженную в воду насадку. В основном испытывали 4 вида насадок: трубчатая, ленточная, плоскостная, сетчатая с ячейками размером 10x10 мм.

Насадки позволили повысить дозу ила в биореакторах в 1,5-2 раза. Так как активный ил закрепляется на насадках; то технологическая схема работает без вторичных отстойников. В режиме доочистки насадка дает возможность снизить БПК, до 4-5 мг/л.

Положительные особенности применения биомассы:

- Увеличение окислительной мощности сооружений биологической очистки;

- Улучшение процессов очищения стоков от трудноокисляемых органических веществ;

- Повышение устойчивости сооружений к залповым сбросам и колебаниям температуры;

- Обеспечение глубокого процесса нитрификации;

- Снижение вероятности вспухания активного ила;

- Уменьшение прироста активного ила.

Преимущества биореакторов перед аэротенками

- потребление электроэнергии при вращении барабанов или загрузки из дисков в погружных биофильтрах в 5 раз ниже потребления электроэнергии на аэрацию воды в аэротенках;

- продолжительность обработки сточных вод существенно меньше;

- погружным биофильтрам не так страшны колебания расхода и состава сточных вод;
- при помощи биофильтров можно очистить концентрированные производственные сточные воды от предприятий пищевой промышленности;
- отсутствует система рециркуляции биоценоза (активного ила), а это сильно облегчает эксплуатацию станции биологической очистки;
- из биофильтров выносятся меньше био пленки, чем избыточного ила из аэротенков;
- в процессе обезвоживания био пленки гравитационного уплотнения осадка не выполняют, так как влажность био пленки, которую выгружают из вторичных отстойников, считается равной 96%, а влажность активного ила – 99,5 %. Из этого следует, что количество влажного осадка на станции очистки с биофильтрами образуется в 5–10 раз меньше;
- если эксплуатировать вторичные отстойники после биофильтров, то отсутствуют такие проблемы, как вынос, вспухание активного ила, пенообразование;
- после 7-10 суток биофильтр с плоскостной загрузкой выходит на расчетный уровень очистки сточных.

#### Библиографический список

1. Залетова Н. А. Очистка городских сточных вод от биогенных веществ (соединений азота и фосфора). Дис. ... докт. техн. наук./ Н.А. Залетова – М., 1999.
2. Воронов Ю. В, Самолеев В.П., Ивчатов А.Л. Реконструкция и интенсификация работы канализационных сооружений. – М.: Стройиздат, 1989.
3. Долина Л.Ф. Реакторы для очистки сточных вод. Днепропетровск, 2001.
4. Шувалов М.В., Шувалов Р.М.. Результаты сравнения технологических показателей при выборе типа биореактора для очистки сточных вод малых населенных пунктов. 2011.
5. Таварткиладзе И.М. Сорбционные процессы в биофильтрах. – М. Стройиздат 1989.
6. Яковлев С.В., Скирдов И.В., Швецов В.Н. и др. Очистка производственных сточных вод. – М. Стройиздат 1985.

### **НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОДООТВОДЯЩИХ СЕТЕЙ НА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ (НА ПРИМЕРЕ Г. МОСКВЫ)**

*Воронцов Д.Е., студент 3-го курса 4 группы ИИЭСМ  
 Научный руководитель – Викулин П.Д., доц., к.т.н.*

Территория города Москвы характеризуется большой насыщенностью различными инженерными сетями, в том числе сетями водоотведения. В городе расположено большое количество водоотводящих систем и соору-



жений (в том числе коллекторов, насосных станций, дюкеров, колодцев, камер, трубопроводов, очистных сооружений и др.). Например, по данным ГУП «Мосводосток» водосточная сеть (дождевая канализация) города Москвы включает в себя сеть подземных трубопроводов протяженностью 6175 км. На этой сети расположены 104 тысячи дождеприемных и 157 тысяч смотровых водосточных колодцев [1].

При этом в городе практически непрерывно ведутся работы по прокладке новых, а также реконструкции и перекладке существующих инженерных сетей. Выполнение этих работ осуществляется, как правило, на глубинах до 8,0 м.

В настоящее время при реконструкции водоотводящих сетей в существующих городах с большим числом подземных коммуникаций применяется щитовой метод строительства коллекторов глубокого заложения. В Москве таким методом проложен Обручевский канал глубокого заложения (до 46 м), диаметром до 4,5 м и длиной 6,2 км, имеющий пропускную способность 2000 тыс. м<sup>3</sup>/сут [2].

Качественное инженерно-геологическое обеспечение проектных работ по строительству (реконструкции) водоотводящих сетей имеет большое практическое значение.

Постановка и организация инженерно-геологических изысканий для обоснования строительства (реконструкции) водоотводящих сетей на городских территориях должна осуществляться с учетом особенностей их инженерно-геологических условий, а также опыта изысканий и строительства на данных территориях.

Наиболее важными техногенными изменениями геологической среды города Москвы определяющими специфику городских инженерно-геологических условий являются:

- значительная измененность естественного рельефа территорий города вследствие планировки их поверхности;

- наличие в геологическом разрезе слоя современных четвертичных техногенных образований, которые обладают неравномерной и часто существенной мощностью (до 20,0 м) и имеют существенную неоднородность состава, строения и свойств;

- наличие развитой сети подземных инженерных коммуникаций и большого числа подземных сооружений;

- существенная измененность естественных гидрогеологических условий, выражающаяся в образовании техногенной верховодки, развитии техногенного подтопления территорий, изменении баланса подземных вод, возрастании градиентов вертикальной фильтрации, изменении гидрохимического режима;

- изменение физико-механических свойств грунтов, а часто их весьма заметное ухудшение под влиянием обводнения, температурных воздействий, вибродинамических воздействий, техногенного загрязнения;

- активизация и развитие опасных инженерно-геологических процессов (например, техногенного подтопления, оползней, карстово-суффозионных

процессов, механической суффозии, морозного пучения и др.).

На территории города Москвы в период с 30-х годов XX века по настоящее время пробурено более 1 млн. скважин различного назначения, информация по которым имеется в городском геолофонде.

Большую значимость при выполнении инженерно-геологических изысканий для строительства водоотводящих сетей, систем и сооружений имеет учет фондовых изыскательских данных, в том числе изыскательской информации представленной в виде геологических карт и атласов. ГУП «Мосгоргеотрест» совместно с НПП «Георесурс» в 2009 году был разработан Геологический атлас Москвы, представляющий собой комплект взаимосвязанных геологических и гидрогеологических карт масштаба 1 : 10 000 построенных на Единой государственной картографической основе города [3].

Городская территория характеризуется достаточно высокой инженерно-геологической изученностью, особенно это касается глубин до 10,0-15,0 м. При использовании фондовых изыскательских материалов безусловно необходимо учитывать давность их получения, оценивать надёжность и достаточность данных для решения инженерных задач. При нехватке изыскательской информации требуется проведение инженерно-геологической доразведки.

Основными общими особенностями инженерно-геологических изысканий для строительства (реконструкции) водоотводящих сетей являются:

- изучение значительных по протяженности участков городских территорий для обоснования размещения строительных объектов;
- важность компенсирования сложности выполнения работ в стесненных городских условиях за счет применения комплекса изыскательских методов (буровых, зондировочных, геофизических и др.);
- тщательное изучение комплекта инженерно-геологических карт среднего и крупного масштаба (в том числе техногенных образований, четвертичных и коренных пород, гидрогеологических, опасных геологических процессов);
- широкое применение комплекса геофизических методов, в том числе для изучения геологического строения трасс заложения линейных подземных сооружений;
- обязательная проходка инженерно-геологических скважин с учетом глубин заложения и зон влияния подземных сооружений;
- необходимость оптимизации технологической схемы изыскательских работ и применяемого изыскательского оборудования;
- изучение всех актуальных и потенциальных опасных инженерно-геологических процессов с прогнозом их активизации и развития под влиянием строительства и эксплуатации строительных объектов.

#### Библиографический список

1. Сайт Департамента жилищно-коммунального хозяйства и благоустройства г. Москвы [Электронный ресурс]. – М.: Департамент ЖКХиБ г. Мо-

сквы, – Режим доступа: <http://dgkh.mos.ru/directions-of-activity/implemented-and-ongoing-projects-with-2010/mosvodostok.php/>, свободный.

2. Сайт АО «Мосинжпроект» [Электронный ресурс]. – М.: АО «Мосинжпроект», Справка. Проектирование и строительство канализационных сетей. – Режим доступа: <http://www.mosinzhpriekt.ru/page/69/133>, свободный.

3. Сайт НПП «Георесурс» [Электронный ресурс]. – М.: НПП «Георесурс», – Режим доступа: <http://www.georesurs.ru/Georesurs/Atlas.html>, свободный.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕМБРАННЫХ БИОРЕАКТОРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

*Смирновская А.М., студентка 4-го курса 4 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Макиша Н.А., доц., к.т.н.*

Вчера, сегодня, завтра. Одной из наиболее важных проблем как мегаполисов, так и небольших городов является очистка сточных вод. Вода является ценнейшим природным ресурсом. Потребность в ней огромна и возрастает с каждым годом (для примера: ежегодный расход общемировой по всем видам водоснабжения 3300-3500 км<sup>3</sup>). Дефицит пресной воды уже сейчас становится мировой проблемой. Требуется ее рациональное использование. Большое количество водных ресурсов расходуется на промышленность, сельское хозяйство и бытовые потребности населения, при этом значительная их часть после очистки возвращается в реки и не всегда в чистом виде, что очень сильно влияет на экологию.

Но прогресс не стоит на месте. В странах с развитой промышленностью происходит активное внедрение мембранных технологий и создание оборудования на их основе для очистки сточных вод. На сегодняшний день мембранные биореакторы являются одним из перспективных направлений и динамично развивающихся областей промышленной технологии. Сама технология сравнительно новая. Она стала применяться в последние десятилетия 20 века благодаря разработке системы погруженных мембранных модулей, позволившей совместить лучшие стороны технологий биологической очистки и ультрафильтрации. Эта комбинация дает возможность снизить расход энергии и давление подаваемых на очистку в биореакторе сточных вод.

Мембранный биореактор (МБР) – это соединение двух методов очистки сточных вод: мембранных и биологических. МБР сочетает в себе биологическую обработку активным илом и фильтрацию через мембранный модуль. Жидкая часть может пройти через перегородку, а твердые фракции отходов имеют больший размер и остаются на поверхности. Этот метод является альтернативой широко используемому методу осаждения активного ила во вторичных отстойниках, который традиционно применяется в системах биологической очистки в аэротенках. Применение МБР позволит сократить площадь под строительство комплексов очистных сооружений на

20-60% за счет отсутствия вторичных отстойников, блоков доочистки и фильтрации.

Концепция технологии очистки с применением мембранных биореакторов является следствием совершенствования технологии биологической очистки сточных вод при условии изменения их исходного состава, увеличение требований к качеству очищенных сточных вод и повышение ответственности за нарушение установленных норм.

Конструктивно сооружения биологической очистки с применением мембранного биореактора представляют собой резервуары из нержавеющей стали. Изменение технологии заключается в отсутствии сооружений отстаивания и доочистки и замене их на сооружения, основанные на МБР. При этом важно отметить, что закономерности протекающих процессов очистки остаются такими же, как для процессов биохимического окисления. Мембраны служат не для фильтрации, как в водоснабжении, а создают условия для многократного размножения и адаптации микроорганизмов. Доза ила поднимается до 10-20 г/л (вместо 2-4 г/л как в схеме «аэротенк - вторичный отстойник»), а возраст доходит до 45 суток.

Очистные сооружения на основе МБР достаточно компактны. Они состоят из нескольких технологических модулей с различными размерами:

1. Модуль механической очистки;
2. Резервуар-усреднитель;
3. Блок биологической очистки;
4. Технологический павильон.

Принцип действия мембранных биореакторов состоит в следующем: сточные воды поступают в приёмную камеру, где происходит снижение скорости потока и происходит первичная очистка от крупных загрязнений (мусора). После процеживания через сетку специального профиля с прозорами 2 мм, механически очищенные сточные воды сливаются в резервуар-усреднитель и далее с помощью насосов подаются на биологическую очистку.

Блок биологической очистки может состоять из одной или нескольких параллельных линий. Каждая линия состоит из денитрификатора и аэротенка-нитрификатора. Сточные воды из усреднителя подаются в денитрификатор, в котором органические загрязнения окисляются активным илом в аноксидных условиях с выделением газообразного азота. В денитрификаторе устанавливаются мешалки для поддержания иловой смеси во взвешенном состоянии. Из денитрификатора иловая смесь через разделительную перегородку поступает в аэротенк-нитрификатор.

В аэротенке расположена система аэрации, которая поддерживает концентрацию растворенного кислорода в пределах 2 - 3 мг/л, что необходимо для окисления органических веществ и нитрификации. В нитрификаторе устанавливается мембранный биореактор, состоящий из блока погружных кассет. Каждая кассета может содержать от 4 до 64 модулей.

Мембранные установки имеют 4 основных типа, которые различаются по способу размещения мембранных элементов: плоские, трубчатые, рулонного типа и установки с полволоконными мембранами.

Технологически мембрана состоит из двух слоев: нетканой основы из полиэфира и функционального (селективного) слоя из поливинилиденфторида. На поверхности селективного слоя имеются миллионы микропор (их размер составляет 1/1000 от диаметра волоса человека), которые пропускают только молекулы воды, препятствуя проникновению различных примесей. Например, полволоконная мембрана представляет собой полую нить наружным диаметром около 2 мм и длиной до 2 м. Каждый пучок состоит из 100-1000 мембранных волокон и оборудован общим патрубком отвода фильтрата. Такой малый размер пор (0,03-1 мкм) является физической преградой для проникновения организмов активного ила, имеющих размер более 0,5 мкм, что позволяет полностью отделить активный ил от сточной воды и снизить концентрацию взвешенных веществ в очищенной воде до 1 мг/л и менее.

Отделение фильтрата происходит под действием вакуума, создаваемого на внутренней поверхности мембранного волокна во всасывающем трубопроводе центробежного насоса. При этом фильтрация смеси сточных вод и активного ила проходит через поверхность мембран снаружи вовнутрь. Доза активного ила в МБР поддерживается в пределах 4 - 10 г/л в зависимости от состава сточных вод. Очищенная вода поступает по напорным трубопроводам на обеззараживание, а активный ил остается в мембранном резервуаре и с помощью системы аэрации поддерживается во взвешенном состоянии. Обеззараженные сточные воды отводятся в водный объект.

Промывка мембран осуществляется ежедневно с помощью аэрации или обратной промывки. При аэрации пузырьки воздуха,двигающиеся вверх, механически очищают поверхность мембран. Обычно обратная промывка чередуется с режимом «релаксации» – прекращением отбора фильтрата без включения насоса обратной промывки. Режим «релаксации» позволяет увеличивать периоды между обратными промывками и снижает энергозатраты. Также существует профилактическая промывка мембранного блока, которая выполняется ежедневно/еженедельно и по времени занимает, около 15 минут. И, наконец восстанавливающая промывка, она осуществляется один-два раза в год, или перед длительной остановкой в работе, при сезонном режиме эксплуатации.

Иловая смесь перекачивается из конца нитрификатора в денитрификатор погружным циркуляционным насосом. За счет рециркуляции обеспечивается денитрификация и однородность иловой смеси внутри установки. Для удаления фосфора используются реагент раствора хлорного железа, который подается в поток циркулирующего активного ила насосом-дозатором.

В состав очистных сооружений входит технологический павильон, где располагаются насосы, реагентное хозяйство, установка обезвоживания осадка и воздуходувная станция, которая делится на две группы. Первая группа воздуходувок подает воздух в аэротенки-нитрификаторы, вторая группа – под мембранные кассеты и для перемешивания сточных вод в усреднителе.

Системы биологической очистки с использованием мембранных биореакторов могут использоваться на очистных сооружениях, рассчитанных на работу со смешанными либо промышленными сточными водами. Технология МБР позволяет производить модернизацию существующих очистных сооружений с организацией эффективного технологического процесса очистки без дополнительных капитальных вложений в строительство (монтаж мембранных модулей производится в аэротенке).

Основными преимуществами внедрения технологии мембранных биореакторов являются:

- снижение объемов избыточного активного ила, вследствие того, что микроорганизмы, постоянно проходя через цикл, вынуждены тратить энергию на поддержание жизнедеятельности, а не на размножение;

- высокая степень очистки (концентрация активного ила в сооружениях достигает 10-20 г/л, против 2-3 г/л в стандартном аэротенке);

- в технологии МБР не используются химические реагенты, оказывающие неблагоприятное влияние на окружающую среду;

- производительность реактора может меняться без изменения технологического процесса, путем увеличения или уменьшения мембранных модулей;

- компактность ОС;

- круглогодичная нитрификация даже в условиях низких температур (в традиционных сооружениях снижение температуры замедляет скорость роста нитрификаторов и они вымываются из реактора);

- высоко аэробный процесс – отсутствие запаха;

- работа системы полностью автоматизирована и не требует постоянного присутствия персонала, что является экономически выгодным и особенно актуально для комплексов очистных сооружений производительностью от 500 м<sup>3</sup>/сут и выше;

- сокращаются эксплуатационные затраты (количество ИАИ в системах МБР на 20-50 % меньше по сравнению с традиционной технологией), что существенно понижает затраты на его утилизацию.

Недостатками мембранной технологии являются:

- большое количество технологического оборудования, что влияет на стоимость сооружений;

- необходимость регулярного обновления оборудования;

- риск разрыва мембран и забивания ее пор;

- большие затраты на электроэнергию;

- повышенные требования к квалификации персонала.

На данный момент технология МБР является очень перспективным направлением. Постоянно проводятся исследования с целью модернизации системы, повышения эффективности очистки стоков. Несмотря на небольшие недостатки, плюсы все же ощутимы, и, возможно, вскоре мембранные биореакторы станут одной из главной составляющей технологии очистки сточных вод.

1. Мудлер М. Введение в мембранную технологию: Пер. с англ. – М., 1999. – 513 с.
2. Брык М.Т., Цапук Е.А. Мембранные технологии в промышленности. – К., 1990. – 247 с.
3. [http://www.enginrussia.ru/news/lenta-no-vostey/Membrannaya\\_tehnologiya\\_ochistki\\_stochnyx\\_vod\\_inzh/?sphrase\\_id=39399](http://www.enginrussia.ru/news/lenta-no-vostey/Membrannaya_tehnologiya_ochistki_stochnyx_vod_inzh/?sphrase_id=39399).
4. Электронная версия сборника: [http://gu-unpk.ru/file/chair/chemistry/science/sbornik\\_ecology\\_2012\\_v3.pdf#6](http://gu-unpk.ru/file/chair/chemistry/science/sbornik_ecology_2012_v3.pdf#6)
5. [http://www.agrovodcom.ru/file/smz\\_los\\_albom.pdf](http://www.agrovodcom.ru/file/smz_los_albom.pdf)

## МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ЭКОЛОГИИ И ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*Еремеев А.В., студент 4-го курса 4 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Кудряшова Г.Н., доц., к.т.н.*

Загрязнение окружающей среды и различные экологические катастрофы уже давно являются глобальными проблемами, предотвращением которых занимаются во всем мире. Являясь правопреемником СССР, Российская Федерация, как и большинство развитых стран, имеет ряд договорных обязательств, направленных на сохранение биосферы и устранение пагубных последствий человеческой активности по отношению к природе.<sup>1</sup>

**Более полный список основных направлений и приоритетов международного сотрудничества Минприроды России включает в себя<sup>2</sup>:**

- Гармонизацию российских и международных подходов к деятельности, направленной на сохранение цельности природы и ее ресурсов, с учетом национальных интересов Российской Федерации;
- Подготовка и заключение в установленном порядке международных договоров в сфере природопользования и охраны окружающей среды с заинтересованными зарубежными странами и международными организациями;
- Выполнение обязательств, вытекающих из участия Российской Федерации в международных договорах и членства в международных организациях в области природопользования и охраны окружающей среды;
- Активное участие в деятельности межправительственных комиссий по экономическому и научно-техническому сотрудничеству России с зарубежными странами в части, касающейся природопользования и охраны окружающей среды;

---

<sup>1</sup> <http://ecology-portal.ru/publ/15-1-0-562>

<sup>2</sup> <http://www.mnr.gov.ru/activities/list.php?part=145>

- Развитие международного рынка экологических услуг, обеспечивающее устойчивое развитие регионов, имеющих глобального значения;

- Гармонизация направлений и содержания международных исследований в области экологически безопасного устойчивого освоения природных ресурсов;

- Обеспечение активного участия Российской Федерации в глобальных и региональных системах мониторинга окружающей среды и контроля освоения природных ресурсов, в разработке международной системы оценки экологических рисков;

- Разработка и создание эффективной системы природопользования и управления окружающей средой приграничных районов, бассейнов и прибрежных морских зон, с учетом трансграничного контекста;

- Эффективное использование возможностей международных организаций, международного опыта в природно-ресурсной и природоохранной деятельности, включая взаимодействие по предотвращению и ликвидации последствий экологического терроризма.

Существуют национальные (входящие в юрисдикцию отдельных государств) и общемировые (находящиеся в пределах международных пространств) объекты, на которые распространяется влияние международных организаций по охране окружающей среды. К национальным объектам защиты относятся ресурсы: земля, вода, недра, - а также животные, т.е. те объекты, которые расположены на территории конкретного государства и которыми оно может распоряжаться свободно в интересах своего народа. Ко второй группе относят объекты, не входящие в юрисдикцию каких-либо государств:

#### **Космос:**

- Резолюция 1962 (XVIII), озаглавленная «Декларация правовых принципов деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства»;

- Резолюция 1884 (XVIII), призывающая государства воздерживаться от вывода на орбиту вокруг Земли любых объектов с ядерным оружием;

- Договор о космосе (полное официальное название: Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела) — межправительственный документ.

#### **Атмосфера Земли<sup>3</sup>:**

- Заключённый в Москве (СССР) Договор о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой 1963 года.

---

3

[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%B6%D0%B4%D1%83%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B5\\_%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BE\\_%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%8B\\_%D0%BE%D0%BA%D1%80%D1%83%D0%B6%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B5%D0%B9\\_%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%8B](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%B6%D0%B4%D1%83%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BE_%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%8B_%D0%BE%D0%BA%D1%80%D1%83%D0%B6%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B5%D0%B9_%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%8B)



- В 1985 году в Вене (Австрия) была принята Конвенция по защите озонового слоя. В нём предусматриваются ограничения на производство веществ, разрушающих озоновый слой.

- В 1992 году под эгидой ООН на конференции в Рио-де-Жанейро (Бразилия) была принята Рамочная конвенция ООН об изменении климата, а в 1997 году в Киото (Япония) Протокол к ней (Киотский протокол), обязывающий развитые страны и страны с переходной экономикой сократить или стабилизировать выбросы парниковых газов. В 2011 году действие Киотского протокола было продлено на 5 лет.

- Европейская Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния 1979 года, подписанная в Женеве (Швейцария), вступила в силу в 1983 году.

**Мировой океан** (Тихий, Атлантический, Индийский, Северный Ледовитый океаны, а также связанные с ними моря):

- Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 г.

- В 1972 г. была подписана Конвенция по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов (с тремя приложениями — Перечнями). Конвенция регулирует два вида преднамеренного захоронения отходов: сброс отходов с судов, самолетов, платформ и др. искусственных сооружений и затопление в море судов, самолетов и т.д.

#### **Антарктида:**

- Договор об Антарктике от 23 июня 1961 года имеет целью обеспечить использование Антарктики только в мирных целях (таких, как международное сотрудничество в области научных исследований); отложить вопрос о территориальных претензиях предъявляемыми некоторыми государствами и не признающиеся другими; предоставление международного форума для управления регионом; закрепить за Антарктикой земли и шельфовые ледники южнее 60 градусов южной широты.

- Конвенция о сохранении морских живых ресурсов Антарктики от 5 мая 1980 г.

- Протокол по охране окружающей среды к Договору об Антарктике от 4 октября 1991 г.

Россия сотрудничает с рядом международных экологических организаций. Под эгидой ООН действуют следующие:

- ЮНЭП (от англ. UNEP — United Nations Environmental Program — Программа ООН по окружающей среде) осуществляется с 1972 г. и является основным вспомогательным органом ООН.

- ЮНЕСКО (от англ. UNESCO — United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization — Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры) существует с 1946 г. с целью содействия миру и международной безопасности, сотрудничества между государствами в области просвещения, науки и культуры.

- ФАО (от англ. FAO – Food and Agricultural Organization UN – Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН), образованная в 1945 г., занимается вопросами продовольственных ресурсов и развития сельского хозяйства в целях улучшения условий жизни народов мира.

- ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения), созданная в 1946 г., имеет главной целью заботу о здоровье людей, что непосредственно связано с охраной окружающей среды.

- ВМО (Всемирная метеорологическая организация) – учреждена как специализированное учреждение ООН в 1951 г., природоохранные функции которой прежде всего связаны с глобальным мониторингом окружающей среды.

- МОТ (Международная организация труда) – специализированное учреждение ООН. Создано в 1919 г. при Лиге Наций с целью создания безопасных условий труда и уменьшения загрязнения биосферы, возникающего часто из-за пренебрежительного отношения к производственной среде.

- МАГАТЭ (Международное агентство по атомной энергии) учреждено в 1957 г. Осуществляет свою деятельность по договору с ООН, но не является ее специализированным учреждением.

Глобальные проблемы, такие как устранение последствий загрязнения почвы и водных ресурсов, являются примерами сотрудничества России с другими странами.

### **Взрыв нефтяной платформы Deepwater Horizon**

20 апреля 2010 года в Мексиканском заливе на месторождении Макондо, что примерно в 80 километрах от побережья штата Луизиана, произошла авария на нефтяной платформе Deepwater Horizon, повлекшая за собой взрыв и пожар. Разлив нефти, последовавший после аварии, стал крупнейшим за всю историю США. Данный инцидент считается одной из крупнейших техногенных катастроф, учитывая его негативное влияние на экологическую обстановку не только природы Соединенных Штатов, но и морского пространства вокруг.

Через повреждения труб скважины на глубине 1500 метров в Мексиканский залив вылилось около 5 миллионов баррелей нефти, а нефтяное пятно достигло площади 75 тысяч квадратных километров.

Для предотвращения катастрофы использовались боновые заграждения, распыление диспергентов, контролируемое выжигание и механический сбор нефти, а также искусственно выведенные бактерии-деструкторы (способ их доставки к нефтяным пятнам был предложен российским «НИИ экологии и рационального использования природных ресурсов»).

Суть данной технологии заключалась в том, что на плавающих в воде боновых заграждениях закреплялись волокна, насыщенные бактериями-деструкторами. Волокна цепляли на себя нефтяные пятна, а бактерии съедали их в течение нескольких суток, разлагая нефть на воду и углерод. Волонистые насадки не препятствовали течению воды, при этом имели са-

мую высокую в мире площадь поглощающей поверхности: 5-10 тыс. кв. метров на 1 куб. м сооружения

Однако с проблемами разлива нефти сталкивались и внутри России. Задолго до трагедии в заливе, British Petroleum в партнерстве с российской Тюменской нефтяной компанией проделала ту же самую работу в Западной Сибири. Масштабы разливов компании ТНК-BP были настолько сильными, что привлекли внимание даже министра природных ресурсов Трутнева: в 2012 году он лично посетил место аварии и доложил о последствиях премьер-министру В.Путину.

О разливах в Сибири и на Севере европейской части России Гринпис информировал правительство не единожды. Чтобы привлечь внимание к проблеме в августе 2000 года Гринпис организовал международный лагерь по уборке нефти под Нефтеюганском, как раз там, где были сосредоточены разливы British Petroleum. Активисты, принимавшие участие в работе, в течение месяца собрали более 50 тонн нефти, очищая загрязненную территорию. Для привлечения внимания СМИ была также проведена серия акций с символикой российских и западных нефтяных компаний (в том числе BP, ТНК, Славнефть, Лукойл, Транснефть, Total).<sup>1</sup>

### Авария на АЭС Фукусима-1

Авария на АЭС Фукусима-1, произошедшая 11 марта 2011 года в Японии в результате сильного землетрясения и цунами, стала одной из крупнейших в истории. Причиной аварии послужило то, что удары, вызванные природными явлениями, вывели из строя внешние средства электроснабжения и резервные дизельные генераторы, что привело к неработоспособности всех систем нормального и аварийного охлаждения и расплавило активную зону реакторов на энергоблоках 1, 2 и 3.

Ученые из Океанографического общества Вудс Холла (Woods Hole Oceanographic Society) провели исследование, по итогам которого было выяснено, что последствиями Фукусимской катастрофы стал «сильнейший за всю историю выброс радиации в мировой океан». В апреле 2011 года в пробах океанской воды, взятых у берегов Фукусимы, уровень цезия-137 в 50 млн раз превышал доаварийный уровень.<sup>2</sup>

В 2014 году для реализации демонстрационного проекта по очистке радиоактивной воды в пределах АЭС «Фукусима-1» правительство Японии обратилось к российским партнерам «РосРАО» и «Радиевый институт имени В.Г. Хлопина». АО «АТОМПРОЕКТ» выступило разработчиком проектной документации.

Ранее в 2011 году специалисты АО «АТОМПРОЕКТ» совместно с «РосРАО» разработали на территории Ленинградского отделения «Рос-

<sup>1</sup> <http://www.greenpeace.org/russia/ru/campaigns/protect-the-arctic/Greenpeace-vs-BP/>

<sup>2</sup> <http://www.popmech.ru/technologies/55357-rossiyskie-atomshchiki-sproektiruyut-ustanovku-dlya-ochistki-vody-na-fukusime-1/>

РАО» в Ленинградской области проект специальной установки «Тритон» для переработки жидких радиоактивных отходов, загрязненных тритием. Данная технология позволяла сократить объемы отходов для их дальнейшего захоронения. На установке «Тритон» были запроектированы узлы ректификации и изотопного обмена, которые обеспечивали высокое концентрирование трития и фиксацию его в виде гидрида титана в минимальном объеме, пригодного для безопасной обработки и утилизации.<sup>3</sup>

#### Библиографический список

1. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации [Электронный ресурс]: офиц. сайт. Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/activities/list.php?part=145> (дата обращения: 20.03.2016).
2. Торопитесь очищать // Эксперт Онлайн [Электронный ресурс], 2011. Режим доступа: <http://expert.ru/ural/2011/37/toropites-ochischat> (дата обращения: 20.03.2016).
3. Тюменцы спасут Мексиканский залив // 72.ру [Электронный ресурс], 2012. Режим доступа: <http://72.ru/text/news/321397.html>.
4. Катастрофа в Мексиканском заливе // Сайт Гринпис России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.greenpeace.org/russia/ru/campaigns/protect-the-arctic/Greenpeace-vs-BP> (дата обращения: 20.03.2016).
5. Ядерная катастрофа на АЭС Фукусима-1 // Сайт Гринпис России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.greenpeace.org/russia/ru/campaigns/nuclear/accidents/Fukushima-1> (дата обращения: 20.03.2016).
6. International Atomic Energy Agency [электронный ресурс]: офиц.сайт. Режим доступа: <https://www.iaea.org> (дата обращения: 20.03.2016).
7. После аварии на «Фукусиме» в Токийском заливе растёт содержание цезия // Вести.Ru [Электронный ресурс], 2012. Режим доступа: <http://www.vesti.ru/doc.html?id=793294> (дата обращения: 20.03.2016).
8. АТОМПРОЕКТ спроектирует установку для очистки воды на АЭС «Фукусима-1» // Сайт Атомпроекта [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://atomproekt.com/presscenter/news/edc80780475736728943af50d606ecc8> (дата обращения: 20.03.2016).

---

<sup>3</sup> <http://www.greenpeace.org/russia/ru/campaigns/nuclear/accidents/Fukushima-1/>

## СИТУАЦИЯ С ПОДЗЕМНЫМИ КОММУНИКАЦИЯМИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

*Демуцкая Ю.А., студентка 3-го курса 4 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Кудряшова Г.Н., доц., к.т.н.*

На сегодняшний день проблема старения подземных коммуникаций сильно волнует людей не только у нас в стране, но и за рубежом. От этого страдают не только развивающиеся страны, но и экономически развитые, к которым относят большинство стран Европы, а также США [1-13].

Создается парадоксальная ситуация, например, США с их мощнейшей экономикой испытывает те же проблемы, присущие и нашей стране. Большой возраст и значительный износ сетей, высокая доля устаревших трубопроводов, особенно в густонаселенных городах (центральная часть мегаполисов и населенных пунктов), а также недостаточное финансирование по реконструкции и реновации трубопроводов приводит к огромному количеству аварий, которые сопровождаются масштабными разрушениями.

Был проведен обзор источников США, который показал, что ситуация с системами водоснабжения и водоотведения не только далеко от идеала, а каждый день только ухудшается в связи с вышеперечисленными случаями. Высокая степень износа трубопроводных систем ведет к нарушению их герметичности, таким образом, происходят большие потери воды, качество водоснабжения падает в разы. Например, в одном источнике фигурируют данные о загрязнении водопроводной воды одного из крупного мегаполиса США нефтепродуктами. Таким образом, капиталистические и высокоразвитые державы еще не научились выходить из вот таких сложных ситуаций.

Многочисленные природоохранные организации публикуют огромное количество статей в авторитетных журналах по водоснабжению и водоотведению, в которых указывают, что показатели износа сетей находятся на критическом уровне. Также вышеперечисленные данные можно встретить в американской литературе конца прошлого и начала сегодняшнего века, например, *Water – the ultimate cure (Discover why water is the most important ingredient in your diet and find out which water is right for you)* by Steve Meyergowitz. – Great Barrington, MA 01230: “Sproutman”, 2001, а также в многочисленных книгах доктора медицины Ф. Батмангхелиджа, который пусть и косвенно, но затрагивает данную проблему на страницах изданий.

К примеру, по приведенным отчетам американской организации ASCE (American Society of Civil Engineers) крупные муниципальные водопроводы обслуживают в совокупности порядка 270 млн человек. Их протяженность превышает более 1,5 млн км. Парадоксально, но отсутствует достоверная информация о состоянии значительной части водопроводных сетей. Диагностические мероприятия начинают проводиться только тогда, когда трубопровод выходит из строя и происходит авария на сети. По данной причине происходят огромные потери воды [14-15].

По вышеперечисленным причинам организациям, которые эксплуатируют водопроводные сети, приходится поднимать стоимость воды. С определенной эпизодичностью ужесточаются нормативы на питьевую воду. К примеру, устанавливаются более жесткие требования на содержание загрязняющих веществ, таких как, мышьяк, радионуклиды и т.д. Стоимость очистки, а вместе с ней и цена кубического метра питьевой воды возрастает.

Агентство федерального правительства США (United States Environmental Protection Agency; EPA), созданное с целью защиты окружающей среды и здоровья людей, приводит интересные данные. Оказывается, что инвестиционные вливания в область водоснабжения в 3 раза меньше, чем это необходимо. Таким образом, говорить о каких-то сдвигах в решении проблем при такой статистике точно не приходится.

Другой животрепещущей проблемой, влияющей на системы водоснабжения, становится увеличение численности населения стран. Причем, в большинстве случаев это происходит не по причине увеличения рождаемости, а за счет мигрантов, приезжающих на заработки, а также беженцев. Такая ситуация присуща России (мигранты из СНГ и беженцы из Украины), США (мигранты и беженцы из стран латинской Америки) и Европе (мигранты и беженцы из стран Африки и Ближнего Востока).

При таком притоке людей «извне» нагрузка на системы водоснабжения увеличивается в разы. Потребление воды возрастает. Таким образом, можно предположить, что для поддержания текущего состояния трубопроводов и уровня услуг по водоснабжению с учетом вышеперечисленных условий потребуются по настоящему астрономическая сумма.

В некоторых странах имеются определенные задержки в финансировании области водоснабжения, а также отсутствие определенных грамотных специалистов и специальной техники, с помощью которой проводится диагностика трубопроводных сетей. Это будет приводить к еще большему росту аварий и расходов на их ликвидацию.

Таким образом, вышеперечисленные проблемы, присущие нашей стране, видны невооруженным глазом и в других государствах, что выводит реконструкцию и реновацию водопроводных и водоотводящих сетей уже на мировой уровень для дискуссий и принятия решений.

По оперативным исследованиям Агентства федерального правительства США (United States Environmental Protection Agency; EPA) темпы замены старых трубопроводов на новые могут достигнуть своего пика примерно через 20-25 лет. Предполагается, что именно тогда начнут массово выходить из строя коммуникации, которые были проложены во второй половине прошлого века. Причем больше всего пострадают крупные города с высокой скученностью подземных трубопроводов, т.к. цена на перекладку в таких сложных условиях будет значительно дороже по причине сложности выполнения работ.

Происходящая ситуация в мире с подземными коммуникациями является ненормальной и вполне давно ожидаемой. Существующие на сегодняшний день программы капиталовложений резко отстают от потребно-

стей инфраструктуры. Это хорошо знают эксплуатирующие организации. Для того, чтобы компенсировать данную разницу, они повышают тарифы и местные налоги, что, конечно, также не способно полностью решить быстро проблему. Это в большинстве случаев вызывает другие печальные последствия, прежде всего рост неплатежей за воду. В нашей стране имеется огромное количество злостных неплательщиков, к которым на данный момент жестких решений в большинстве случаев не выносятся (невыплаты за коммунальные платежи тянутся годами и даже десятилетиями).

Таким образом, стоит сказать, что проблема старения трубопроводов имеет массу факторов, которые не могут быть сразу решены. В первую очередь это заключается в небольшом финансировании сферы водоснабжения и водоотведения, которое явно недостаточно. Хочется, чтобы правительства всех стран мира обратило на это внимание, т.к. без систем водоснабжения развиваться и строить здоровое общество просто невозможно.

Старение водопроводных и водоотводящих сетей (также как и других подземных коммуникаций) представляет собой не только техническую задачу, но и экономическую, социальную. Это весьма серьезная проблема, острота которой растет с каждым годом, а решение требует не только колоссальных финансовых затрат, но и технического обновления парков многих водоканалов, решения демографических и миграционных проблем, мешающим развиваться на перспективу, и др. С этой точки зрения данная проблема свойственна всем странам и развитым, и развивающимся, но решать ее надо совместно путем понимания того, что системы водоснабжения являются системами жизнеобеспечения, без которых планомерное развитие будет невозможно.

#### Библиографический список

1. Саломеев В.П., Гогина Е.С., Орлов В.А., Макиша Н.А. Реконструкция систем водоотведения. М. Изд-во МИСИ-МГСУ. 2016. 233 с.
2. Кедров В.С., Исаев В.Н., Орлов В.А., Пальгунов П.П., Сомов М.А., Чухин В.А.. Водоснабжение и водоотведение: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 2002. – 335 с.
3. Орлов В.А. Строительство и реконструкция инженерных сетей и сооружений. М.: Издательство Академия. 2010. 304 с.
4. Воронов Ю.В., Яковлев С.В., Алексеев Е.В., Алексеев С.Е. и др. Водоотведение и очистка сточных вод // учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Водоснабжение и водоотведение" направления подготовки дипломированных специалистов "Строительство" / под общ. ред. Ю. В. Воронова. Москва, Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009. (5-е издание, переработанное и дополненное). 760 с.
5. Орлов В.А. Защитные покрытия трубопроводов. М. Издательство АСВ. 2009. 126 с.
6. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. Реконструкция трубопроводных систем. М. Издательство АСВ. 2008. 215 с.

7. Орлов В.А. Стратегия восстановления водопроводных и водоотводящих сетей. М. Издательство АСВ. 2001. 96 с.
8. Орлов В.А. Трубопроводные сети. М. Издательство Лань. 2015. 160 с.
9. Жмаков Г.Н. Эксплуатация оборудования и систем водоснабжения и водоотведения. М.: Издательство Инфра-М. 2005.
10. Орлов В.А., Квитка Л.А. Водоснабжение. М. Издательский дом Инфра-М. 2015. 443 с.
11. Храменков С.В., Орлов В.А., Харькин В.А. Оптимизация восстановления водоотводящих сетей. М. Стройиздат. 2002. 160 с.
12. Орлов В.А. Лабораторный практикум по реконструкции и восстановлению инженерных сетей. М. Издательство АСВ. 2004. 120 с.
13. Орлов В.А., Харькин В.А. Стратегия и методы восстановления подземных трубопроводов. М. Стройиздат. 2001. 96 с.
14. Орлов В.А. Пути обеспечения санитарной надежности водопроводных сетей // Вестник МГСУ. 2009. № 1. С. 181-187.
15. Отставнов А.А., Харькин В.А., Орлов В.А. К технико-экономическому обоснованию бестраншейного восстановления ветхих самотечных трубопроводов из традиционных труб полимерными // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2004. № 4. С. 30-34.

## **ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Кузнецова Е.Н., магистрант 1-го курса 5 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Викулина В.Б., доц., к.т.н.*

Гальванизация - это метод покрытия одного металла каким-либо другим путём электролиза. Гальванизируют поверхности в декоративных целях. В промышленности же гальванизацию применяют для укрепления металлической поверхности изделий и защиты их от воздействия внешней среды. Обычно гальванизируют цинком, медью, хромом, никелем. Гальванические покрытия находят применение в автомобилестроении, строительстве авиационной, радиотехнической и электронной промышленности. Первым ученым, применившим метод гальванического осаждения, металлов был Борис Якоби. Настоящее имя немца Мориц Германн. Ученый стал называть себя иначе, переехав в начале 19-го века жить в Россию. Здесь Якоби и открыл в 1838-ом году метод гальванизации. Гальваническое производство принято считать едва ли не самым опасным источником, негативно отражающимся на состоянии окружающей среды. Основная опасность грозит различным водоемам, как подземным, так и поверхностным. При таком производстве образуется много сточной воды, которая и представляют максимальный уровень угрозы. В этой воде содержится множество примесей с тяжелыми металлами, присутствуют щелочной состав и прочие высокотоксичные соединения. Технология гальванического производ-



ства должна быть взаимно адаптирована с процессом, в ходе которого сточные воды будут очищаться.

Сточные воды гальванического производства – неотъемлемая часть данного процесса. Зависимо от того, в какой фазе находится состояние вещества, делятся на четыре категории все загрязнения, оказывающиеся в стоках. Первая категория представляет собой растворенные соли, являющиеся по сути щелочами и разнообразными кислотами. Вторая категория – это растворенные вещества органического типа, третья – взвеси (тонкодисперсные эмульсии/суспензии), а четвертые представлены высокомолекулярными соединениями и коллоидами.

Сточные воды гальванических производств содержат такие металлы, как хром, никель, свинец, медь, кадмий, цинк, олово и др. Длительное их поступление в организм с водой или пищей даже в незначительных дозах приводит в результате накопления в органах и тканях к нарушению функционирования центральной нервной системы, внутренних органов, эндокринной системы и других жизненно важных систем организма. Несмотря на доказанный и широко известный вред, который наносят тяжелые металлы человеческому организму, их выброс в окружающую среду, в том числе гальваническими производствами, продолжается. Только при нанесении гальванических покрытий предприятия страны выбрасывают в окружающую среду ежегодно тысячи тонн тяжелых металлов.

Существует большое количество методов извлечения цветных металлов из сточных вод гальванического производства. Рассмотрим самые известные из них:

- электрохимические,
- реагентные,
- мембранные,
- биохимические,
- сорбционные,
- комбинированные.

Но у всех методов есть свои достоинства и недостатки, поэтому эффективнее всего применять комбинированные методы, имеющие свои преимущества:

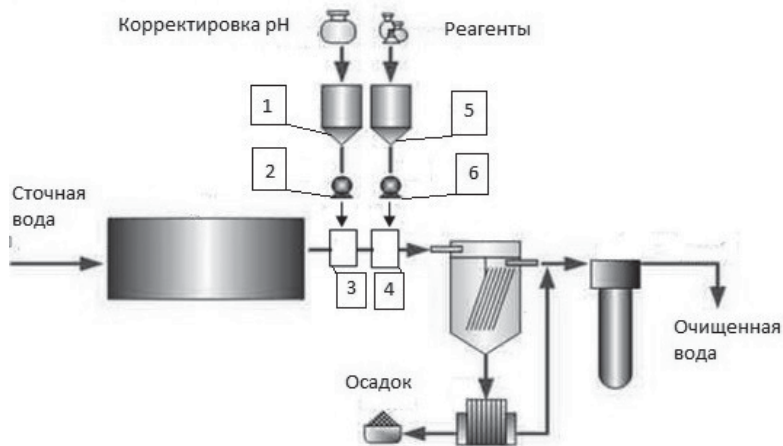
- 1) снижение на 70 % соледержания сточных вод;
- 2) возврат очищенной воды в оборотный цикл;
- 3) возможность автоматизации процессов;
- 4) простота эксплуатации.

На рис. 1. представлена схема комбинированного метода.

Установка обеспечивает очистку сточных вод до норм ПДК для сброса в канализацию. Производительность до 25 м<sup>3</sup>/час. Степень очистки до 99,5 %.

Сточные воды собираются в накопителе. Из накопителя насосом стоки подают в реактор, где они подщелачиваются раствором щелочи. Затем стоки отводятся в химический реактор, где обрабатываются флокулянтom. Далее стоки поступают в отстойник, где происходит осаждение тяжелых ме-

таллов. После отстаивания вода отводится на глубокую доочистку, в качестве которого могут быть использованы фильтры с разными фильтрующими загрузками. Обработка осадков от сточных вод производится на фильтр-прессе.



**Рис. 1.** Блок-схема очистки сточных вод:  
1, 5 - расходная ёмкость, 2, 6 - насос 3, 4 – реактор

Ион	Расход реагента в граммах на 1г иона металла,			
	CaO	Ca(OH) <sub>2</sub>	NaOH	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Fe <sup>3+</sup>	1,51	1,99	2,15	2,85
Al <sup>3+</sup>	3,11	4,11	4,45	4,89
Cu <sup>2+</sup>	0,88	1,16	1,26	1,67
Zn <sup>2+</sup>	0,86	1,13	1,22	1,62
Fe <sup>2+</sup>	1,00	1,32	1,43	1,90
Pb <sup>2+</sup>	0,27	0,36	0,39	0,51
Cd <sup>2+</sup>	0,50	0,66	0,71	0,94
Ni <sup>2+</sup>	0,95	1,26	1,36	1,81
Cr <sup>3+</sup>	1,61	1,13	2,31	3,06

Защита водных ресурсов от загрязнения – одна из самых важных проблем. В России широко осуществляются мероприятия по очистке производственных сточных вод.

На повышение водооборота существенное влияние может оказать внедрение высокоэффективных методов очистки сточных вод. Наиболее эффективным является реагентный метод, имеющий степень очистки 90 – 98%. Внедрение этого метода может решить ряд задач, связанных с очисткой производственных сточных вод.

## Библиографический список

1. Соколов Л.И. Ресурсосберегающие технологии в системах водного хозяйства промышленных предприятий: Учебное пособие-М.: изд-во АСВ, 1997. 256 с.
2. Волоцков Ф.П. Очистка и использование сточных вод гальванических производств. М.: Стройиздат, 1983. – 104 с.
3. Булыгина Т.Г., Совершенствование систем очистки сточных вод гальванического производства, Минск, 1987 г.
4. Пугачёв Е.А., Исаев В.Н. Эффективное использование воды: Научное издание. М: Издательство АСВ, 2012, 432 с.

## СТАБИЛИЗАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА ОБОРОТНОЙ ВОДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Мифтахутдинова Л.Ф., магистрант 1-го курса 5 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Викулина В.Б., доц., к.т.н.*

Охрана водных объектов от загрязнений сточными водами базируется на необходимости соблюдения в заданных створах предельно допустимых концентраций различных веществ, при превышении которых вода становится непригодной для использования. Чтобы исключить сброс в водоёмы загрязняющих веществ, необходимо внедрять *замкнутые системы водопользования отдельных производств.*

В работе по литературным источникам был произведен анализ динамики использования воды и сброса сточных вод с 1995 по 2010 гг., по которому можно сделать вывод о тенденции увеличения объёма оборотного и последовательного (повторного) использования воды и уменьшение использования свежей воды и сброса сточных вод в водоёмы.



Рис. 1. Динамика использования воды и сброса сточных вод в РФ, в %

К основным общим принципам создания замкнутых систем водного хозяйства можно отнести следующие:

1. Создание замкнутых систем водообеспечения должно сочетаться с организацией безотходного производства, технология которого ориентирована на максимальное извлечение из сырья основных продуктов.

2. Проектирование замкнутых систем начинают с проработки мероприятий, направленных на вывод отходов из технологических процессов преимущественно в безводной твердой форме, а если это невозможно, то в виде высококонцентрированных растворов для последующей их утилизации.

3. Принципиальная схема водного хозяйства при бессточном производстве должна включать в себя как минимум один из трех основных циклов многократного использования воды: термический (для охлаждения), экстрагентный (для промывки, растворения, выщелачивания и т.д.), транспортный (для гидравлического транспортирования веществ, материалов и удаления отходов).

4. Потоки сточных вод следует разделять по видовому, фазовому, концентрационному, энтальпийному признакам для разработки соответствующего способа локальной очистки каждого потока вплоть до потоков отдельных стадий технологического процесса.

5. Для наиболее водоёмких операций или технологических процессов необходимо установить научно обоснованные требования к качеству потребляемой в производстве воды, а также нормы на качество отводимых сточных вод; первоочередному отведению на локальную очистку или обработку подлежат наиболее загрязненные и нагретые воды.

6. При замкнутых системах следует объединить цехи водоподготовки с цехами локальной очистки предприятий или группы предприятий, а также использовать ливневый сток с промышленной площадки в системе оборотного водоснабжения.

При проектировании систем в обязательном порядке учитывают возможные отрицательные последствия (например, возможность биологический наслоений на трубопроводах и стенах охлаждаемых агрегатов, загрязнения атмосферы), предусматривают соответствующие инженерные мероприятия по предотвращению таких явлений.

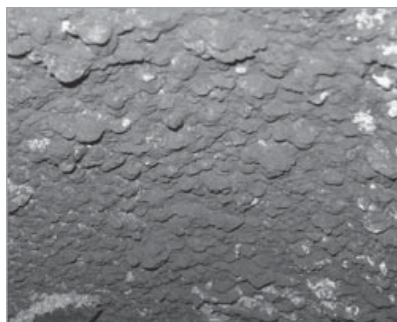
Появление на стенках труб различного рода отложений, снижающих пропускную способность, обусловлено, как правило, свойствами транспортируемой по трубам воды.

Отложения в трубах бывают различного характера: от сплошных, равномерно уменьшающих живое сечение трубы, до бугристых – в виде отдельных выступов на стенках труб.

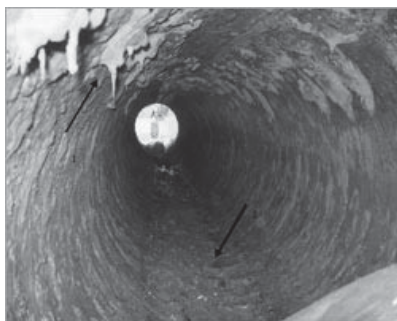
Обрастания оказывают влияние на материал труб. При недостатке в воде кислорода могут погибать бактерии, входящие в состав отложений, и разлагаться с образованием сероводорода. При этом вода может окрашиваться в чёрный цвет примесями сернистого железа. Если на трубах образуется слой обрастаний значительной толщины, то в нижней, прилегающей

к трубе и хуже всего снабжаемой кислородом части отложений создаются анаэробные условия, аэробные организмы здесь отмирают. В результате гнилостного распада этого слоя обрастаний выделяется сероводород, прилегающие к трубе обрастания приобретают чёрный цвет из-за образующегося сульфида железа. Образование сероводорода в слое отложений, прилегающем к металлу, стимулирует коррозию.

Многообразные обрастания труб вызывают необходимость проведения специальных мероприятий по их предупреждению, среди которых существенное значение имеют различные способы обработки воды.



**Рис. 2.** Внутренняя поверхность трубы с рельефом «речного дна»



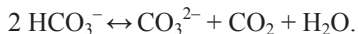
**Рис. 3.** Состояние внутренней поверхности трубы:  
1 – натечки органического происхождения, 2 – донные отложения

### **1. Стабилизационная обработка воды реагентами**

Путём соответствующего добавления к воде реагентов необходимо в первый период эксплуатации обеспечить наращивание на стенках труб защитной пленки карбоната кальция, для чего нужно создать положительный индекс насыщения им воды  $J > 0$ . После формирования защитной плёнки для её сохранения обработка воды должна обеспечить индекс насыщения, близкий к нулю. При слишком продолжительной обработке воды слой кар-

боната кальция на внутренней поверхности трубы может оказаться чрезмерно толстым и это снизит пропускную способность трубы. Наоборот, если после сформирования защитной карбонатной пленки полностью прекратить обработку коррозионной воды, то вследствие наличия в ней агрессивной  $\text{CO}_2$  защитная пленка постепенно растворится, и коррозия труб возобновится.

При стабильной воде имеет место динамическое равновесие содержащихся в воде углекислых соединений в соответствии с уравнением



Таким образом, стабилизационная обработка коррозионной воды, заключающаяся в изменении соотношения концентраций в воде  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{CO}_2$ , должна производиться постоянно.

## **2. Обработка воды для наращивания защитной карбонатной пленки**

В процессе стабилизационной обработки воды необходимо осуществлять контроль за образованием на стенках труб защитной карбонатной пленки. Для этого выделяют в разных местах сети отключаемые участки, доступные для осмотра. Кроме того, контролируют изменение потери напора в контрольных участках труб. При правильном осуществлении процесса стабилизационной обработки воды должны сохраняться оптимальные гидравлические свойства труб. Для достаточно интенсивного наращивания защитной карбонатной пленки нужно поддерживать индекс насыщения  $J$  в пределах от +0,5 до +0,7.

## **3. Применение силиката натрия для борьбы с коррозией труб**

При добавлении к транспортируемой по трубам воде жидкого стекла (силиката натрия  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) на внутренней поверхности труб постепенно образуется защитная пленка, в состав которой входят силикаты кальция и магния, образующиеся в результате реакции между силикатом натрия и содержащимися в воде катионами кальция и магния.

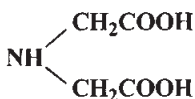
Защита от коррозии происходит в основном вследствие сорбции указанных кремнекислых соединений первоначально образовавшимся на металле коррозионными отложениями.

## **4. Применение комплексонов для стабилизации воды**

Комплексоны – это органические вещества, которые образуют комплексные соединения (комплексы) с ионами металлов. Комплексы с ионами кальция, магния и других металлов безвредны для человека и других живых существ и растворимы в воде. Они способны адсорбироваться на поверхности зародышей кристаллизации солей жёсткости, блокируя цен-

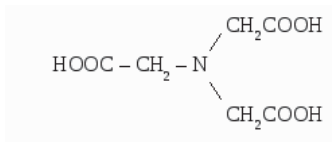
тры роста кристаллов. Комплексоны препятствуют кристаллизации солей жёсткости и образованию осадков в виде накипи и шлама. Комплексоны способны физико-химически адсорбироваться на поверхности металла с образованием поверхностных адсорбционных комплексов, а также физически сорбироваться, встраиваясь в двойной электрический слой. Это приводит к снижению скорости коррозии металла.

Наибольшее распространение получили комплексоны класса полиаминополикарбоновых кислот или, иначе, производные  $\alpha$ -аминокислот, содержащие в молекуле не менее двух метилкарбокисильных групп  $-\text{CH}_2-\text{COOH}$ , связанных алифатическими или ароматическими радикалами. Представителями этого класса являются: иминодиуксусная кислота (ИДА)

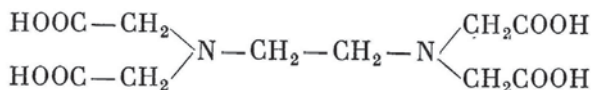


и ее производные

нитрилтриуксусная кислота (НТА)



этилендиаментетрауксусная кислота (ЭДТА)



Комплексоновые технологии применяют в теплотехнических системах (паровых и водогрейных котлах, бойлерах, тепловых сетях и системах горячего водоснабжения, циркуляционных системах охлаждения с радиаторами и градирнями) в различных отраслях: в энергетике, жилищно-коммунальном хозяйстве (в системах отопления и горячего водоснабжения коллективных и индивидуальных жилых домов), на транспорте, в промышленности.

## 5. Методы стабилизации воды фильтрованием

Стабилизационную обработку вод с отрицательным индексом насыщения  $J < 0$ , содержащих агрессивную углекислоту, можно осуществлять фильтрованием через материалы, способные связывать агрессивную углекислоту в бикарбонаты. К числу таких материалов относятся дробленый мрамор и полубоженный доломит (магномасса).

Однако, в практических условиях полной стабилизации воды фильтрованием воды через мраморную крошку добиться нельзя, хотя концентрацию углекислоты можно существенно снизить. Таким образом, для надежной защиты труб фильтрованием воды через мраморную крошку нужно в первый период эксплуатации подщелачивать воду известью для наращивания защитной пленки карбоната кальция. При последующей эксплуатации может потребоваться повторная обработка воды известью.

Рассмотренные выше методы позволяют сделать следующие выводы:

– применение реагентных методов стабилизации ограничено, зависит от исходного качества воды, требований к технологической воде.

– наращивание карбонатной пленки зависит от качества исходной воды, от требований к технологическому производству. Данный метод требует тщательного контроля за процессом образования пленки.

– применение силиката натрия требует тщательного контроля за процессом образования пленки, образование силиката натрия зависит в большей степени от температуры воды.

– фильтрование требует больших площадей, времени промывки и подготовки к эксплуатации. В настоящее время метод не применяется.

– комплексоны позволяют исключить возможность образования накипи на поверхностях теплопередачи и отложений в трубопроводах; предотвратить или значительно замедлить коррозию металлических частей тепло-технического оборудования; постепенно, не нарушая режима работы оборудования, удалить имеющуюся накипь и продукты коррозии.

По сравнению с другими технологиями комплексоны имеют целый ряд преимуществ:

- Возможность очистки водогрейных и паровых котлов, систем горячего водоснабжения и циркуляционных систем охлаждения от застарелых отложений накипи и продуктов коррозии, а также при кратковременных нарушениях водно-химического режима “на ходу”, без вывода оборудования из эксплуатации;

- Постоянное поддержание в чистоте поверхностей теплопередачи и трубопроводов, что позволяет повысить эффективность работы теплотехнического оборудования, снизить расход топлива и затраты энергии на подачу воды по трубопроводам;

- Полная совместимость и возможность одновременного применения с традиционными водоумягчительными фильтрами и физическими методами противонакипной обработки воды (магнитной или ультразвуковой), при этом эффективность борьбы с накипеобразованием и коррозией повышается;

- Наименьшие по сравнению с другими методами противонакипной и противокоррозионной обработки воды затраты материалов, энергии и труда на обслуживание системы водоподготовки (в частности, исключение всех затрат на подогрев воды, поваренную соль, промывочную воду и сбросы сточных вод);

- Отсутствие сточных вод, что позволяет снизить отрицательное воздействие на окружающую среду;



- Компактность оборудования и расходных материалов.

Исходя из вышеизложенного материала, можно сделать вывод, что по сей день наиболее перспективным методом стабилизационной обработки оборотной воды является применение комплексонов.

### Библиографический список

1. Клячко В.А., Апельцин И.Э. Очистка природных вод. – М.: Стройиздат, 1971.
2. СП 32.13330.2012 Внутренний водопровод и канализация.
3. Маргулова Т.Х. Применение комплексонов в теплоэнергетике. – М.: Энергоатомиздат, 2011
4. Комиссаров Ю.А., Гордеев Л.С., Нгуен Суан Нгуен Анализ и синтез систем водообеспечения химических производств. Учебное пособие для вузов – М.: Химия, 2002
5. Пугачев Е.А., Исаев В.Н. Эффективное использование воды: Научное издание. – М.: Издательство АСВ, 2012.
6. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка. Учебное пособие для вузов. – М.: МГУ, 2010
7. Сайт «Справочник химика 21 века» [Электронный ресурс]. - М., - Режим доступа: <http://chem21.info/>, свободный.

## МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ МОСКОВСКО-ОКСКОГО БАССЕЙНА

*Большакова Т.И., студентка 4-го курса 1 группы ИИЭСМ*  
*Новиков С.О., магистрант 1-го курса 7 группы ИСА*  
*Научный руководитель – Маслова О.Я., доц., к.т.н.*

В основе процессов, обуславливающих современное состояние гидросферы, лежат превращения веществ на химическом и биологическом уровнях [1].

Изменения водной среды при выпуске отработанной воды в водосточники различными производственными предприятиями, в том числе очистными сооружениями, а также влияние этой воды на экологическое равновесие дают характеристику основных загрязнителей и способов определения их уровня [2].

Под мониторингом окружающей среды понимается комплекс мероприятий по определению степени загрязненности тех или иных элементов биосферы и слежению за нарушением экологического равновесия. Различают четыре основных мониторинга: глобальный, национальный, региональный, локальный.

Мониторинг водных объектов, являющийся частью государственного мониторинга окружающей среды, представляет собой систему наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния водных объектов, находящихся в федеральной собственности, собственности субъектов РФ, муниципальных образований, физических и юридических лиц, и осуществляется с целью:

- своевременного выявления и прогнозирования развития негативных процессов, влияющих на качество воды в водных объектах и их состояние;
- оценки эффективности осуществляемых мероприятий по охране водных объектов;
- разработки и реализации мер по предотвращению негативных последствий этих процессов;
- формационного обеспечения управления в области использования и охраны водных объектов, в том числе в целях государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов.

Комплексная работа по мониторингу водных объектов состоит из:

- мониторинга поверхностных водных объектов с учетом данных мониторинга, осуществляемого при проведении работ в области гидрометеорологии и смежных с ней областях;
- мониторинга состояния дна и берегов водных объектов, а также состояние водоохраных зон;
- мониторинга подземных вод с учетом данных государственного мониторинга состояния недр;
- наблюдений за водохозяйственными системами, в том числе за гидротехническими сооружениями, а также за объемом вод при водопотреблении и водоотведении [3].

Такая работа, как правило, включает в себя:

- регулярные наблюдения за состоянием водных объектов, количественными и качественными показателями состояния водных ресурсов, а также за режимом использования водоохраных зон;
- сбор, обработку и хранение сведений, полученных в результате наблюдений;
- внесение сведений, полученных в результате наблюдений, в государственный водный реестр;
- оценку и прогнозирование изменений состояния водных объектов, количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов.

Загрязнение химическими веществами и нарушение экологических равновесий под их влиянием относится к химическому мониторингу, основным инструментом которого является аналитическая химия.

По результатам гидрохимических наблюдений характерными загрязняющими веществами вод водохранилищ Московской системы водоснабжения Москвы (Можайское, Рузское, Истринское, Рублевское водохранилище), водохранилище водораздельного бьефа канала им. Москвы (Икшинское, Пестовское, Пяловское, Клязьминское водохранилища) и Химкинского водохранилища были соединения алюминия, марганца и меди. В Ивановском, Вышневолодском, Углическом, Верхневолжском и Шлинском водохранилищах приоритетными загрязняющими веществами пунктов наблюдений были ионы аммония, железо общее, нефтепродукты и марганец. Наибольшее превышение ПДК были отмечены по марганцу и железу общему.

Единичные случаи высокого уровня загрязненности воды водохранилищ в пунктах наблюдения отмечались в водохранилищах, представленных в табл. 1.

**Уровни загрязненности водохранилищ Московско-окского бассейна по результатам единичных случаев превышения ПДК**

<b>Химические вещества</b>	<b>ПДК</b>	<b>Название водохранилищ</b>
Соединения алюминия	11-21	Можайское, Озернинское, Истринское, Рублевское, Икшинское и Химкинское водохранилища
Соединения марганца	12-28	Можайское, Озернинское, Истринское, Пяловское, Клязьминское, Ивановское, Вышневолоцкое, Шлинское и Верхневолжское водохранилища
Соединения меди	10 25	Русское вдхр. д. Палашкино Озеринское вдхр. д. Вольнчино
Хлориды	10-17	Можайское, Русское, Истринское, Икшинское, Пестовское, Пяловское, Клязьминское, Химкинское, Озернинское и Рублевское водохранилища
Соединения кальция	25-48	Пяловское, Озернинское, Клязьминское, Русское, Истринское, Химкинское, Пестовское и Рублевское водохранилища
Взвешенные вещества	11-25	Можайское, Русское водохранилища
Сульфаты	10-21	Икшинское, Пестовское, Озернинское, Истринское, Химкинское, Рублевское и Пяловское водохранилища
Соединения цинка	11 23	Пяловское вдхр., д. Никульское

По гидрохимическим показателям (значению УКИЗВ) большинство водохранилищ характеризовались загрязненной водой 3-го класса качества (81% от общего количества водохранилищ), 19% водохранилищ- загрязненной водой 4-го класса.

Основными загрязняющими веществами Московско-Окского бассейна являются фенолы, нефтепродукты, железо общее, марганец, цинк.

Следует отметить, что наблюдения за загрязнением поверхностных водных объектов бассейна р. Ока в зоне влияния основных источников загрязнения, на межсубъектных створах и устьях основных притоков р. Ока велись также в местах отсутствия пунктов государственной наблюдательной сети на территории Рязанской области.

По результатам гидрохимических наблюдений характерными загрязняющими веществами воды р. Ока на участке, протекающем по Рязанской области, были органические вещества (по БПК<sub>5</sub> и ХПК), нитритный азот, взвешенные вещества, соединения железа, марганца и меди. Повторяемость случаев превышения ПДК составляла 60-100 %. В целом по бассейну р. Ока и составляет (%): медь – 56, БПК<sub>5</sub> – 81, азот аммония – 37, азот нитритов – 40, фосфаты – 25, цинк – 30, нефтепродукты – менее 10.

По результатам комплексной оценки загрязненности поверхностных вод водных объектов резкого ухудшения качества водных объектов не наблюдалось.

По гидрохимическим показателям (значению УКИЗВ) большинство створов характеризовалось загрязненной водой 3-го класса и 4-м классом загрязненности водных объектов.

ГУ «Мособлводхоз» выполнялось обследование Москворецкой водной системы. Ниже приводится общая оценка состояния акватории водохранилищ, водоохранных зон, береговой линии и других параметров состояния водохранилищ.

Участки переформирования берегов полностью обследованы на Рублевском водохранилище, частично от 70 % на Истринском, до 8 % – на Можайском. Участки размывов берегов, оказывающих негативное воздействие на объекты экономики, обнаружены на Истринском водохранилище в количестве 39 общей протяженностью 6,8 км, а на Можайском, соответственно, 4 протяженностью 0,4 км. Состояние зарастания проверено полностью на Рублевском водохранилище и от 50 % общей площади зарастания – на Озернинском водохранилище, до 5% – на Рузском. Заболоченные участки полностью обследованы на Истринском, Озернинском и Рублевском водохранилищах.

Для оценки состояния водных объектов использовались следующие показатели:

- гидрохимические;
- гидробиологические;
- токсикологические.

В районе выпуска канализационных очистных сооружений (КОС) смешиваются воды, различающиеся по составу, что предполагает химические взаимодействия. В реке выше выпуска преобладает следующие загрязнители: нефтепродукты, органические токсиканты, тяжелые металлы. В створе выпуска содержатся – это биогенные элементы (фосфаты, аммонийные, нитритные и нитратные соли), органические вещества (взвешенные и растворенные). В створе смешения вод снижается индекс токсичности. При том имеются свидетельства, что снижение токсичности возможно при изменении форм нахождения токсикантов.

Выводы.

1. По основным показателям характеристика Московско-Окского бассейна соответствует режиму самоочищения данного водоема благодаря обеспечению нормального кислородного режима.

2. Определение загрязненности водных объектов позволяет оценить степень техногенной нагрузки на водные экосистемы, выявить неблагоприятные в плане участки водных объектов в целях прогнозирования экологической ситуации.

#### Библиографический список

1. Максименко Ю. Л., Кудряшова Г. Н. «Охрана водных ресурсов». Издательство АСВ, 2015.
2. Луков С.А. Совершенствование технологии обработки осадков сточных вод крупных городов: дисс. ... канд. техн. наук. Нижний Новгород, 2007. 105 с.

3. Приказ Минприроды России от 8 октября 2014 г. N 432.

4. Кулаков А.А. Экологическая оценка комплекса «водный объект – выпуск очищенных сточных вод» // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 5. С. 25–30.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ

*Перова И.М., магистрант 1-го курса 5группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Гогина Е.С., проф., к.т.н.*

Развитие производственных сил в качестве одной из важных проблем выдвигает защиту окружающей среды и, в частности водных источников от загрязнений. В связи с этим в число основных входят задачи по защите водного бассейна, рациональное использование водных ресурсов. Поэтому так важна очистка стоков перед их сбросом в водные источники.

В процессе производства безалкогольных напитков в значительном количестве используют воду питьевого качества. Загрязняясь, отходами и потерями производства, она превращается в сточную воду и отводится в канализационную систему предприятия.

Однако, трудности технологического, технического, организационного и экономического характера ограничивают мероприятия по очистке сточных вод, в результате чего наносится вред окружающей среде. Очистка с использованием традиционных методов требует значительных капитальных затрат и высоких эксплуатационных расходов. Требуется разработка нового, более эффективного очистного оборудования, а также использование новых материалов.

### Производство безалкогольной продукции

При разработке схемы водопользования и обработки сточных вод следует учитывать стадии производства, которые условно можно разделить на несколько простых этапов, такие как **предварительная обработка**, включающая процессы промывания, измельчения, осветления, фильтрации; наиболее важный и долговременный процесс – **водоподготовка**; а так же подготовка тары и крышек; смешивание сиропа с водой и насыщение  $\text{CO}_2$ ; разлив и упаковка; хранение готового продукта; контроль качества (лаборатория).

Промышленные сточные воды состоят из следующих потоков (при определенных условиях некоторые из них могут отсутствовать): сточные воды после очистки бутылок, резервуаров и фасовки, транспортная и промывочная вода, конденсат вторичного пара, сточные воды из производственных установок, сточные воды после очистки поверхности в производственных цехах и нагруженных продуктами дворовых и производственных площадей предприятия, а также после очистки транспортных устройств. При производстве напитков потери продуктов (прежде всего при потере

концентрата плодового сока), а также частичная потеря сахара составляют существенную долю загрязнения сточных вод. Помимо сточных вод в соковой промышленности образуются взвешенные частицы, фильтрат, осадок при осветлении, выжимки. Из-за высокого потенциала загрязнения эти вещества должны приниматься во внимание при внутрипроизводственных мероприятиях и по возможности утилизироваться отдельно или удаляться.

### Очистка сточных вод

Большинство предприятий, производящих данную продукцию, подключены к канализационной системе (непрямой сброс сточных вод). Значительные сезонные и производственные колебания состава и концентрации требуют от очистных сооружений предприятий высокой гибкости. Минимальные требования к сбросу отработанной воды от фруктово-овощного производства представлены в табл. 1.

Таблица 1

#### Требования к составу сточных вод в месте сброса отработанной воды

БПК <sub>5</sub> , мг/л	ХПК, мг/л	NH <sub>4</sub> -N, мг/л	N <sub>общ. неорг.</sub> , мг/л	P <sub>общ.</sub> , мг/л
25	110	10	18	2

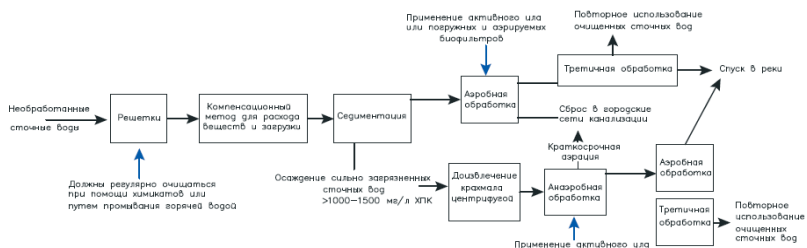
Независимо от следующей степени очистки сточные воды должны сначала подвергнуться механической очистке. Для отделения твердых веществ предлагаются установки для просеивания. Промывные воды должны к тому же проходить через песколовки. Дополнительно перед биологической очисткой, как правило, требуется нейтрализация.

### Фаза нейтрализации

Чтобы иметь возможность соблюдать требования к непрямому сбросу сточных вод, часто необходимо выравнивать пик показателя pH и снижать температуру (предельное значение менее 35 °С). Поэтому установки для предварительной обработки сточных вод нередко охватывают фазы нейтрализации. Из-за высокой стоимости химикатов в большинстве случаев рекомендуется биологическая нейтрализация, например, в аэрируемом смешительном и уравнительном резервуаре.

### Биологическая очистка

Возможные варианты обработки сточных вод представлены на рис. 1. Сточные воды от промышленной переработки очищаются анаэробным и (или) аэробным методом без ограничения. Все известные методы применимы и частично используются на практике. Хорошо зарекомендовал себя комбинированный анаэробно-аэробный метод.



**Рис. 1.** Оптимизация биологической очистки

Большинство предприятий заинтересованы в оптимизации производственных процессов, так как это позволяет сократить расходы предприятия.

Оптимизация биологической очистки достигается за счет изменения некоторых параметров. Например, времени отстаивания. При проектировании первичных отстойников не учитывается влияние уровня осадка в отстойнике на эффективность осветления сточных вод. Между тем уровень осадка является определяющей величиной эффективности работы первичных отстойников. А так же за счет изменений размеров сооружений, режимов и загрузки.

#### Библиографический список

1. Шонина Н.А. Очистка промышленных сточных вод // Новый журнал. – 2012. С. 25–30.
2. Эпоян С.М. Переработка фруктов и овощей: руководство по экологическим и социальным вопросам по отраслям. // European Bank for reconstruction and development, 2009. С.11-17.
3. Самохин М.А. Канализация населенных мест и промышленных предприятий : справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 1990.
4. Харьков С.В. Реконструкция очистных сооружений под технологии удаления азота и фосфора - мифы и реальность// Водоснабжение и санитарная техника 2014. №1. С.22-31.
5. Харьков С.В., Организация процессов удаления фосфора из сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника 2013. № 11. С.52-58.
6. Укрупненные нормы расхода воды и количество сточных вод на единицу продукции различных отраслей // СЭВ, ВНИИВОДГЕО. М: Стройиздат, 1982.

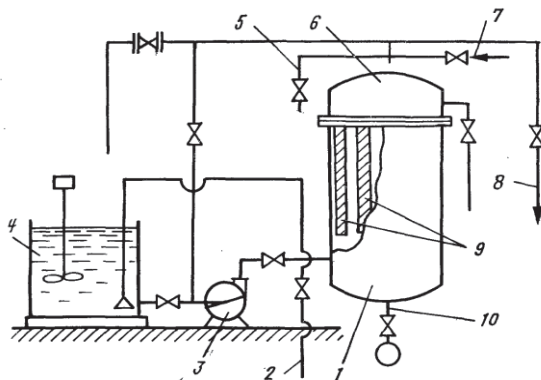
#### ПРИМЕНЕНИЕ НАМИВНЫХ ФИЛЬТРОВ

*Пышненко Е.В., магистрант 1-го курса 5 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Алексеев С.Е., доц., к.т.н.*

Фильтрация воды является наиболее распространенным способом очистки на сегодняшний день. Для эффективной реализации этого процесса фильтрующий элемент должен обладать хорошей разделительной способностью, малым гидравлическим сопротивлением, большой удельной кон-

центрацией фильтровальных каналов равномерно распределенных по всей поверхности, а также способностью к относительно легкой регенерации (очистки). Наиболее распространенный тип фильтрационного оборудования это насыпные фильтры, и они не отвечают приведенным требованиям в достаточной мере. К их недостаткам можно отнести высокое гидравлическое сопротивление и неравномерность распределения каналов и соответственно загрязнений в фильтровальном материале, из-за чего в ходе эксплуатации больше всего нагружается поверхностный слой. В качестве альтернативы традиционным насыпным фильтрам на сегодняшний день могут рассматриваться так называемые намывные напорные фильтры.

Намывные фильтры находят применение для промышленного и коммунального водоснабжения при необходимости очистки маломутных (мутность до 40 мг/л) и малоцветных (цветность до 30°) вод, а так же в доочистке производственных сточных вод. Намывные фильтры снижают содержание органических веществ, примерно на 45...55%, демонстрируют хорошие эффекты по снижению содержания железа, масел, бактерий. Они, в основном применяются в напорном исполнении, реже как безнапорные (открытые) или вакуумные.



**Рис. 1.** Схема намывного фильтра:

1 - корпус фильтра; 2, 8 – подача и отвод воды; 3 – насос; 4 – бак для приготовления суспензии; 5 – выпуск воздуха; 6 – камера осветленной воды; 7 – подача промывной воды; 9 – фильтрующие керамические патроны; 10 – выпуск осадка

Принцип работы намывных фильтров заключается в пропуске очищаемой воды через фильтрующий элемент с предварительно нанесенным на его поверхность порошкообразным материалом. В процессе фильтрования на поверхности образуется микропористый слой, в структуре которого содержится большое количество каналов малого диаметра, что обеспечивает получение фильтрата высокого качества. Размер частиц намываемого фильтрующего материала должен быть меньше размера щели фильтрующих элементов. Физика процесса такова, что частицы задержи-



ваются на поверхности фильтрующего элемента, образуя тонкий (несколько миллиметров) фильтрующий слой [1].

Технологический процесс намывной фильтрации состоит из нескольких этапов:

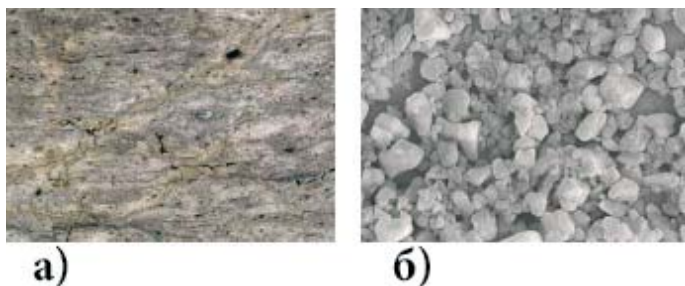
1. Введение фильтрующего порошка намываемого материала в воду
2. Создание фильтрующего слоя на поверхности патрона (фильтровального элемента), путем пропускания через него жидкости с фильтрующим порошком.
3. Фильтрация обрабатываемой воды со скоростью 1—15 м/ч в зависимости от ее качества, способа фильтрации, свойств фильтрующего слоя, толщины слоя образовавшегося на нем осадка и длительности фильтрационного цикла.
4. Отключение фильтра и запуск водовоздушной промывки при достижении потерь напора величины 15 - 20 м. Расход воды на промывку составляет 0,5—0,7% фильтрата.

Во время работы фильтра контролируют перепад давления на фильтрующем слое и концентрацию дисперсных веществ (мутность) на выходе из фильтра, отключая фильтр на промывку при достижении заданного перепада давления. Смыв отработанного рабочего материала вместе с задержанными загрязнениями проводят обратным потоком воды и воздуха, т.е. в направлении от внутреннего канала фильтрующего элемента к его внешней поверхности. Смытый материал сбрасывается из нижней конусообразной части фильтра в дренаж, т.к. используются однократно. На промытые фильтрующие элементы намывается новый слой свежего порошкообразного материала.

Благодаря методам нанесения фильтрационного материала и веществам, повышающим его рыхлость, намывной слой отличается рыхлой структурой с системой разветвленных фильтровальных каналов, у которых размер намного больше, чем у каналов насыпного фильтра. Удержание частиц примесей, которые проходят через каналы, происходит в порах сорбционного материала или в основном фильтрующем элементе. Со временем и в намывных фильтрах размеры каналов уменьшаются, но количество поглощенных с момента начала фильтрации до прекращения вытекания осветленной воды загрязнений намного больше, чем в насыпных фильтрах. Преимущество намывных фильтров вытекают из более рыхлой структуры фильтрационного слоя.

Для создания рабочего намывного слоя применяются различные виды сыпучих зернистых материалов. Помимо требований, предъявляемых к материалам для насыпной фильтрации, к ним предъявляется и ряд специальных требований, а именно они должны обладать узким фракционным составом и высокой пористостью. Это необходимо для формирования фильтровальных каналов, и обеспечения эффективной адсорбции примесей. В намывных фильтрах применяют дробленые, прокаленные и фракционированные по размеру зерен природные материалы, из которых наиболее распространенным является доломитовая мука. Другим часто применяемым

материалом является перлит, он состоит из двух компонентов: феррита (железо с небольшими примесями углерода) и цементита ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ). Наряду с перечисленными материалами используют глинозём ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), кремнезём ( $\text{SiO}_2$ ), а также — кремнистые породы, щёлочно-земельные или щелочные глины, способные (в естественном виде или после специальной активации) сорбировать различные соединения. Важное место среди материалов применяемых сегодня в намывных фильтрах в качестве фильтрующего слоя занимает кизельгур или называемый по-другому — диатомитом, инфузорной землей, горной мукой. Он обладает высокими сорбционными свойствами. Его пористость достигает 58...64%. Основным компонентом кизельгура (70...96%) является водный кремнезём, находящийся в аморфном состоянии. Прочие составляющие: глинозём (3...12%); в небольших количествах оксиды железа, магния и кальция. Остатки океанических отложений одноклеточных водорослей — диамитов образуют в кизельгуре микроскопически тонкую структуру.



**Рис. 2.** Кизельгур. Вид под микроскопом:  
а - природный кизельгур (массив); б - измельченный кизельгур

Наиболее известное предприятие добывающее кизельгур в нашей стране – ООО «Диамитовый комбинат» (Инза, Ульяновская обл.). Его также добывают в Калужской, Костромской, Пензенской, Ростовской, Свердловской и других областях. Мировой лидер по добыче этого и других подобных фильтровальных материалов – компания World Minerals (США) [4].

Преимущества намывных фильтров вытекают из более рыхлой структуры фильтрационного слоя. Использование намывного слоя не приводит к резкому увеличению гидравлического сопротивления фильтра. Намывные фильтры обладают значительно меньшими размерами, по сравнению со своими насыпными собратьями. Это обусловлено тем, что площадь намывного слоя в десять раз меньше насыпного гравийного или песочного слоя у фильтров одинаковой производительности. Использование намывных фильтров обеспечивает более высокую степень очистки воды. Организация намывного фильтра не требует специально сконструированных аппаратов.

Основные преимущества намывных фильтров при сравнении с устройствами аналогичного назначения:

- малые габариты и масса основного оборудования;
- высокая степень очистки воды от дисперсных примесей до 95...98% при крупности задерживаемых частиц от 1 мкм при использовании в качестве фильтрующего материала фильтроперлита, и от 0,1 мкм - при использовании диатомита. При размере большинства бактерий 3...4 мкм, достигается частичный обеззараживающий эффект;
- отсутствие необходимости использования химических реагентов (коагулянтов, флокулянтов и т.д) для достижения требуемого эффекта осветления;
- весьма маленький объем промывных вод – менее 0,05% от объема очищенной воды;
- достаточно широкая область возможного применения: очистка питьевой воды, фильтрование пищевых продуктов (пива, вина, соков), доочистка производственных сточных вод (в том числе и от нефтепродуктов);
- доступность и сравнительная дешевизна вспомогательного фильтрующего материала (диатомита, фильтроперлита и др.);
- удаление всех видов выделенных за фильтроцикл нерастворимых примесей в режиме регенерации в виде концентрированной суспензии удобной для последующей утилизации.

Область применения намывных фильтров очень разнообразна. Применение намывной фильтрации целесообразно для обработки больших расходов очищаемой воды и позволяет избежать необратимого загрязнения фильтрующих элементов. Данный метод позволяет эффективно извлекать взвешенные вещества (до 98%) и органические вещества (до 50%). Цветность воды, прошедшей намывную фильтрацию не превышает 5 градусов мутность – 0,5 мг/л, содержание железа – 0,1 мг/л. Также намывная фильтрация может применяться для извлечения из воды масел, бактерий и нефтепродуктов.

Намывные фильтры чаще всего используются на стадии осветления природных и сточных вод и в тех случаях, когда требуется тщательное и полное удаление механических примесей и коллоидных частиц, к примеру, в случае установки фильтра обратного осмоса.

Намывные фильтры применяются при очистке сточных вод в жилищно-коммунальном комплексе, в пищевых и других отраслях промышленности, для очистки сконденсированного водяного пара на тепловых и атомных электростанциях, для очистки воды из открытых водозаборов и артезианских скважин. Эффективное применение намывных фильтров возможно при выделении из производственных сточных вод малорастворимых соединений тяжелых металлов [3].

С 1970-х намывные патронные фильтры находят применение для механической очистки сконденсированного водного пара на тепловых и атомных электростанциях. Также они используются при подготовке воды из открытых водозаборов и артезианских скважин для нужд ТЭС, АЭС и котельных установок.

При обработке больших количеств воды со следами загрязнений, например конденсатов, при ограниченной поверхности помещений примене-

ние намывной фильтрации со структурированными слоями предпочтительнее всех других методов осветления.

Перечисленные преимущества, а так же эффективность намывных фильтров, значительно увеличивает интерес и актуальность дальнейшего изучения и развития теории и принципов намывной фильтрации с целью расширения области их применения.

#### Библиографический список

1. Фрог, Б.Н. Водоподготовка: учебное пособие для вузов. / Б.Н. Фрог, А.П. Левченко. М.: Издательство МГУ, 1996. – 680 с.
2. Николадзе, Г.И., Сомов М.А. Водоснабжение: Учебное пособие для вузов / Г.И. Николадзе, М.А. Сомов. М.: Стройиздат, 1995. – 688 с.
3. Алексеев, С.Е. Улучшение свойств осадков образующихся при очистке сточных вод гальванических производств / Наука и образование в XXI веке: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции 30 сентября 2013 г.: Часть 15; Тамбов: Изд-во ТРОО "Бизнес-Наука-Общество", 2013.
4. Сайт Экология и промышленность России [Электронный ресурс] / «Экология и промышленность России»: научно-технический журнал. М.: - Режим доступа: <http://www.ecology-kalvis.ru/jour>, свободный.
5. Сайт ИнжинирингСистемс [Электронный ресурс] Информационный ресурс экспертного центра «Rusproektexpert» - Режим доступа: <http://engineeringssystems.ru/f/filtr-namivnoy.php>, свободный.

### **МЕРОПРИЯТИЯ, ПРИВОДЯЩИЕ К ЗАЩИТЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ИСТОЩЕНИЯ**

*Шевченко М.А., студентка 4-го курса 1 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Кудряшова Г.Н., доц., к.т.н.*

Сегодня основная задача современного общества – предотвращение загрязнения водных ресурсов [1-8]. Для этого создаются не только различные технические решения, но и проводятся специальные мероприятия, что позволяет привлечь и заинтересовать большое количество разноплановых людей обратить свое внимание на современные экологические проблемы нашего мира.

«Час Земли» – это ежегодная международная акция, которая проводится обычно в последнюю субботу марта и призывает всех людей на один час с 20:30 по 21:30 по местному времени выключить свет и другие электроприборы [9]. Отключают также электрическую подсветку зданий и наружной рекламы на улицах города. Это происходит с целью стимуляции интереса к проблеме изменения климата, что повлечет за собой пропаганду экономного расходования природных ресурсов нашей планеты (газ, нефть, вода и т.д.). Стоит отметить, что электричество и вода являются взаимосвя-

занными вещами. Например, вода необходима на электрических станциях для выработки электроэнергии. Таким образом, экономя электричество, мы экономим воду.

С каждым годом количество участвующих в событии неуклонно растет. Например, в 2008 году количество городов, поддержавших акцию, было всего 400. Уже в 2012 году в событии мирового масштаба участвуют 5400 городов в 147 странах мира. Впервые среди представителей можно увидеть такие страны как Ливия, Алжир, Гвинея и Бутан.

Традиционно подсветку отключают в Бразилии (г. Рио-де-Жанейро – статуя Христа-искупителя), Великобритании (г. Лондон – Биг Бен), Италии (г. Рим – Колизей), США (г. Сан-Франциско – мост Золотые ворота), ОАЭ (г. Дубай – Бурдж-Халифа), России (г. Москва – здание МГУ им. М.В. Ломоносова), Франции (г. Париж – Эйфелева башня), а также в других городах разных стран нашей планеты.

Во время проведения данного события в разных странах устраиваются дополнительные акции. Например, организуется велопробег, а также огненное шоу. На центральной площади в г. Владивосток желающие могли сыграть в шашки на огромном шахматном поле, специально подготовленном для этого события. В Казане было запущено в небо 500 летающих фонариков, которые раздавали бесплатно.

В России в этом году по инициативе Всемирного фонда дикой природы (WWF) запускается кампания, которая позволит любому желающему поддержать любой из пяти природоохранных проектов в разных уголках страны:

1. Дальневосточный леопард – проект позволит восстановить и укрупнить популяцию животных.
2. Снежный барс – возрождение популяции и борьба с браконьерами.
3. Белый медведь – увеличение бригад по защите животных.
4. Амурский тигр – возрождение популяции зверей.
5. Зубр – строительство вольера для увеличения особей животных.

Средства, собранные в течение этой кампании, позволят решить много важных экологических проблем, а также пойдут на охрану дикой природы России.

Например, в 2012 году за время кампании «Час Земли» было собрано более 120 тысяч подписей за закон о защите морей от нефтяного загрязнения. В конце 2012 года закон был подписан Президентом РФ В.В. Путиным. В 2013 году в рамках «Часа Земли» удалось собрать 130 тысяч подписей за запрет промышленных рубок в защитных лесах. Можно с уверенностью заявить, что именно такая поддержка превращается в реальные дела, что позволяет решать стоящие перед человечеством реальные экологические проблемы.

Акцию ежегодно активно поддерживают Администрация Президента, Министерство природы РФ и Департамент природопользования Правительства Москвы. В день проведения акции выключают подсветку Московского Кремля, Храма Василия Блаженного, ГУМа и всего Архитектурного ансамбля. Также выключают свет в более чем 400 зданиях столицы. Зафиксировали, что в прошлом году энергопотребление в этот час снизилось на

384 мегаватта, что дало экономию в 1,5 млн. рублей. Сумма, конечно, небольшая для большого города, но она может пойти на определенные нужды, например, ремонт объектов ЖКХ и дорог, благоустройство парков и скверов и т.д. До начала ежегодного события был дан старт экологическому велопробегу.

Необходимо подчеркнуть, что часовое отключение света не может улучшить экологическую обстановку на Земле, но проводимая акция поможет понять многим жителям планеты, что экономия электроэнергии, а вместе с тем и других ценных ресурсов, таких как вода, лес, газ, нефть и т.д., позволит снизить вредные выбросы в атмосферу Земли. Это даст возможность каждому человеку внести свой вклад для сохранения здоровья нашей планеты. На сегодняшний день «Час Земли» является самой массовой общественной акцией в истории человечества.

Хочется отметить, что для решения современных экологических проблем каждый человек должен выйти за границы одного часа и сделать еще один шаг ради планеты. Например, очень полезными будут реальные действия в сторону экономии воды (покупка нового смесителя, установка счетчиков на воду и т.д.). Отказ от личного автомобиля в большом городе в пользу общественного транспорта, который активно развивается, принесет много хорошего для воздушного бассейна. Естественно, что без поддержки правительства и Президента, а также выпуска новых законов в области ресурсосбережения и экологии это будет сделать нелегко, но как показывает опыт, заинтересованность каждого человека и желание помочь окружающим обязательно приведут к положительным сдвигам в этом вопросе.

#### Библиографический список

1. Орлов В.А., Квитка Л.А. Водоснабжение. М. Издательский дом Инфра-М. 2015. 443 с.
2. Кедров В.С., Исаев В.Н., Орлов В.А., Пальгунов П.П., Сомов М.А., Чухин В.А.. Водоснабжение и водоотведение: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 2002. – 335 с.
3. Орлов Е.В. Инженерные системы зданий и сооружений. Водоснабжение и водоотведение. М.: Издательство АСВ. 2015. 216 с.
4. Орлов Е.В., Аксёнова Н.В., Балавас М.Я. Вода и устойчивое развитие. Основные идеи по улучшению водоснабжения городов и сохранению природного наследия // Техника и технологии мира. 2015. № 4. С. 37-42.
5. Орлов Е.В. Причины и предпосылки. Возникновение экологического движения в современном мире // Технологии мира. 2013. № 6. С. 43-47.
6. Орлов Е.В. Водоснабжение. Водозаборные сооружения. – М. Издательство Ассоциации строительных вузов. 2015. 136 с.
7. Орлов Е.В. Основные источники загрязнения природных вод. Мероприятия по охране природных источников от загрязнения и истощения // Технологии мира. 2013. № 5. С. 35-47.
8. Орлов Е.В., Волков К.А., Юнчина М.Н., Мельников Ф.А., Серов А.Е. Загрязнение природы. Влияние военных конфликтов на состояние

водной и воздушной сред обитания // Техника и технологии мира. 2014. № 10. С. 31-37.

9. Орлов Е.В. Час земли. Общественный призыв к решительным мерам по сохранению природных ресурсов нашей планеты // Техника и технологии мира. 2014. № 2. С. 45-47.

## ШУМЫ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

*Данченко Н.С., студент 4-го курса 1 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Чижик К.И., доц., к.т.н.*

В наши дни требования к современным зданиям и сооружениям становятся всё жёстче, при строительстве обращают внимание не только на безопасность и исправность всех систем, но и на комфорт в эксплуатации. Ограничения по шумам и вибрациям внутри зданий не исключение в перечне параметров, определяющих комфорт использования здания.

Несмотря на то, что о проблеме нежелательных звуков проектировщики и инженеры знают уже давно, на данный момент существует огромное количество старых зданий, где шум систем жизнеобеспечения мешает находиться в помещениях. Более того, даже в новых зданиях можно обнаружить проблемы вибрации и шумов сразу после окончания строительства.

Для разных людей звуковые сигналы воспринимаются по-разному, поэтому зачастую сложно определить, что является шумом, а что нет. Если подойти к этому вопросу с научной точки зрения, то любой звук – это колебательные движения частиц какой-либо упругой среды: воздуха, воды и т.д. В то же время, вибрации также являются механическими колебаниями, поэтому понятия вибрации и звука тесно связаны между собой. При возникновении вибраций в системах водоснабжения и водоотведения жильцы или работники домов сразу же услышат нежелательные звуки. Человеческое ухо воспринимает звуковые сигналы в диапазоне примерно 16-2000 Гц. Если в процессе эксплуатации возникают вибрации, являющиеся причиной звуков в этом диапазоне, люди, находящиеся в здании, могут начать испытывать дискомфорт из-за шума.

Существуют ситуации, когда шумовой фон практически неизбежен – на производстве, на фабриках, в специальных технических помещениях. Однако в этом докладе главным объектом для исследования выбраны жилые дома, где повышение уровня звука является серьёзной помехой для ритма жизни.

Любое колебание связано с временным нарушением равновесного состояния среды и выражается в отклонении её характеристик от исходных параметров, после чего система возвращается к исходному значению. Для звуковых колебаний такой характеристикой является давление в точке среды, а её отклонение — звуковым давлением.

Примером увеличения давления упругой среды в определённой точке может быть резкий сдвиг поршня. В месте сдвига сразу же увеличится давле-

ние, далее из-за упругих связей частиц давление передастся на соседние частицы и так далее. За областью повышенного давления следует область пониженного давления, и, таким образом, образуется ряд чередующихся областей сжатия и разрежения, распространяющихся в среде в виде волны. Каждая частица упругой среды в этом случае будет совершать колебательные движения.

Здесь важно отметить, что как увеличение, так и резкое изменение давления в системах ВиВ непременно повлечёт за собой шумовой эффект.

Однако давление не является единственной причиной для появления вибраций. Существует следующий ряд параметров, влияющих на появление и распространение звуков:

1. расход воды в трубах и приборах;
2. материал труб;
3. наличие материала (пространства) вокруг труб (стена, потолок или стояк);
4. диаметр труб;
5. наличие звукоизоляции вокруг труб.

В Канаде было проведено исследование, в ходе которого сравнивалось влияние каждого из этих параметров на возникновение вибраций и звука.

Говоря о диаметре трубопровода, можно было бы предположить, что чем больше диаметр, тем меньше шума в процессе эксплуатации, однако канадские испытания показали неоднозначный результат. Во многих случаях уровень звука при меньшем диаметре трубы оказывался меньше, чем при тех же обстоятельствах, но с большим диаметром. Из этого можно сделать вывод, что диаметр не является главным параметром и не даёт возможность с уверенностью сказать, какой диаметр уменьшит звуковой эффект.

В системах водоснабжения в современном мире всё чаще используют пластиковые трубы, хотя также большое количество трубопроводов выполнено из стали и меди. Если сравнить показание этих трёх материалов, то можно отчётливо увидеть, что в пластиковых трубах возникает значительно меньше шума.

В системах водоотведения ситуация складывается по-другому. Опыт показал, что труба, ведущая от раковины, сделанная из пластика, способствует появлению большего шума, чем такого же диаметра труба из меди. Преимущество в 5-8 децибел можно достигнуть, используя медную трубу при отсутствии контакта трубы с другим материалом. Эта разница уменьшается до 2 децибел, если труба, в свою очередь, находится в оболочке или контактирует с другим материалом (например, в стене).

Для водоотведения в случаях труб с большим диаметром таких, как для туалета, используют в основном пластик или сталь. Результаты испытаний показали, что стальные трубы снижают шум до 8-10 децибел, если сравнивать с пластиковыми трубами при смывании туалета. Наблюдается также небольшое снижение разницы показаний при наличии контактирующей среды – в 6 децибел.

Рассматривая расход в трубах и приборах, можно сделать похожее предположение в случае с диаметром – чем больше, расход, тем больше



шума. Однако исследование показало, что в некоторых ситуациях (в зависимости от прибора) наибольший шум наблюдался с половиной от максимального напора, а иногда с четвертью максимального напора.

Исследованиями установлено, что чем выше частотный состав шумов, чем они интенсивнее и продолжительнее, тем быстрее и сильнее оказывают неблагоприятное действие на орган слуха. Помимо местного действия — на орган слуха, шум оказывает и общее действие на организм человека. Шум является внешним раздражителем, который воспринимается и анализируется корой головного мозга, в результате чего при интенсивном и длительно действующем шуме наступает перенапряжение центральной нервной системы. Вследствие этого возможно появление головных болей, раздражительности, проблем с сосудами, гипертония и т.д. Именно поэтому этой проблемой не следует пренебрегать как на этапе проектирования зданий, так и на этапе строительства.

В заключение необходимо подчеркнуть, что не существует универсального способа решения проблемы звуковых помех в системах ВиВ, так как в каждом случае существуют свои причины возникновения шума, обстоятельства и особенности зданий. В каждом конкретном случае необходимо делать обследование систем ВиВ и подбирать возможные способы решения после анализа шумов, их источника возникновения и способа их распространения.

#### Библиографический список

1. Geberit. Sound insulation. Rapperswill. 2012.
2. MJM Acoustical Consultants Inc. Plumbing noise in multi-dwelling buildings. Montreal. PDF. Режим доступа: [http://www.mjm.qc.ca/publications/en/177891\\_plumbing.pdf](http://www.mjm.qc.ca/publications/en/177891_plumbing.pdf). 1990.
3. Mäkinen, Riika. Drinking water quality and network materials in Finland. Summary report. Finnish Institute of Drinking Water. 2008
4. Saint-Gobain PAM. Soil and drain. France. PDF. Режим доступа: <http://www.saint-gobain-pam-cast-iron.com/sites/default/files/document/cast-iron-drainage-systems.pdf>. 2013.

### **ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ОБЪЕМОВ СТОЧНЫХ ВОД В СИСТЕМАХ ВОДООТВЕДЕНИЯ**

*Харламова А.К., магистрант 1-го курса 5 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Алексеев С.Е., доц., к.т.н.*

Учет потребленных ресурсов на сегодняшний день является важной темой. В 2009 году был принят Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», согласно которому все потребляемые ресурсы подлежат обязательному учёту с примене-

нием приборов учета, установленных за счет собственников объектов [1]. И хотя сточные воды не являются энергоресурсом и не подлежат обязательному учету, это положение вскоре может измениться.

Цель настоящей работы – анализ существующих методов и приборов учета сточных вод в системах водоотведения, для чего рассмотрены проблемы организации учета сточных вод и выполнен обзор существующих приборов учета, применимых для систем водоотведения. Важная задача – оценка метрологических характеристик счетчиков.

Если учет потребления воды уже давно стал привычным делом, то расходомеры сточных вод пока еще распространены не так широко.

Несмотря на необязательность учета сточных вод, установка расходомера может быть достаточно выгодной для предприятия или частного дома. При отсутствии счетчиков на канализации, расчет объема отходов определяется по измерению счетчика на водопроводной трубе [2]. Однако значительная часть воды в частном доме может быть потрачена для хозяйственных нужд, а на предприятиях вода может быть использована в производстве, и в систему канализации попадает лишь малая часть поступившей воды.

Помимо экономии, учет сточных вод важен для соблюдения требований природоохранных организаций.

Кроме этого, учет сточных вод помогает внести прозрачность в расчет за водоотведение как для потребителя, так и для Водоканала.

Об установке индивидуальных приборов учета в домах речь пока не идет. Однако рассматриваются проекты установки общедомовых приборов, которые будут размещены на границе балансовой принадлежности сетей и можно будет понять, сколько фактически воды отводится [3].

Учет сточных вод – это актуальная и сложная на сегодняшний день задача, значимость учета на безнапорных сетях возрастает быстрыми темпами, и осуществлять его можно разными способами.

Для потребителей с малым объемом стоков и стабильным соотношением потребляемой и сточной воды целесообразен расчет по объему потребляемой воды. Однако для более крупных потребителей с неочевидным или меняющимся объемом потребления воды и канализационных стоков необходим приборный учет.

**Методы учета сточных вод в самотечных безнапорных трубопроводах.**

Сточные воды в системах канализации транспортируются по напорным или безнапорным самотечным трубопроводам. Измерение количества сточных вод, проходящих по напорным сетям, затруднений не представляет. В данном случае можно использовать приборы учета для напорных трубопроводов. Более сложная задача – учет в безнапорных самотечных трубопроводах с переменным наполнением. Для таких случаев разработано и может применяться несколько методов.

*Метод переменного уровня*, когда в качестве расходомера использует-ся уровнемер, пересчитывающий «уровень в расход» с учетом информации

об измерительном сечении. Точкой отсчета являются результаты предварительного расчета напорно-расходной характеристики лотка, водослива или трубопровода. Точность этого расчета обуславливает точность дальнейшей работы прибора. Более серьезная проблема – возникновение подпоров в канале, что неизбежно в канализационных коллекторах, а также заиливание каналов. При этом реальные расходные характеристики очень сильно отличаются от занесенных в прибор. Ошибка в исходных данных ведет к недостоверности учета, причем во многих случаях эту недостоверность можно и не зафиксировать. Дополнительным фактором, влияющим на достоверность измерения таких приборов, является изменение температуры, давления, влажности, интенсивные осадки, испарения, туман, а также волна и пенообразование на поверхности потока. К сожалению, состояние канализационных сетей далеко не всегда соответствует необходимым требованиям. Поэтому такие приборы имеют погрешность от 2% до 10% при понижении температуры, а при появлении подпора дают абсолютно неверные данные.

*Метод «площадь-скорость».* Более современные и корректные приборы учета стоков работают именно по этому принципу. Приборы осуществляют прямое измерение уровня и скорости потока. Геометрические параметры канала введены в память прибора заранее: используя эти данные и получаемую в реальном времени информацию об уровне заполнения, прибор вычисляет площадь поперечного сечения потока в данный момент времени и, умножая его на измеренную среднюю скорость, рассчитывает расход и объем стоков.

#### **Проблемы, связанные с учетом сточных вод в безнапорных каналах:**

- сложность монтажа измерительного участка или датчика. Многие счетчики при инсталляции нуждаются в процедурах местной калибровки, или других особо точных измерениях (например, измерения диаметра трубы, нивелирование дна лотка или калибровка нуля уровнемера). Разумеется, это затрудняет не только работы по монтажу счетчика, но и усложняет метрологическое оборудование счетчика;

- проблема образования осадков. Нередко в измерительных участках (или лотке) накапливаются ил или другие осадки, которые могут вызывать не только дополнительные погрешности измерения, но и даже влиять на работоспособность счетчика (при засорении измерительного датчика). В таком случае, необходимо предусмотреть периодическую очистку датчика или колодцев, где осаждается ил;

- необходимость регулярного обслуживания датчиков [4].

#### **Основные виды расходомеров сточных вод для безнапорных систем:**

1. *Ультразвуковые расходомеры.* Датчики прибора измеряют глубину и скорость потока. Такие счетчики предназначены для использования как в напорных, так и в безнапорных канализационных системах, для измерения расхода и объема сточной вод, в том числе агрессивных [5].

## Отличительные особенности ультразвуковых расходомеров

Преимущества	Недостатки	Погрешность
-возможность использовать накладные датчики (дешевле и проще в монтаже по сравнению с врезными, особенно на пластиковых трубах)	-необходимость значительных длин линейных участков до и после преобразователя	1-2%
	-низкая стабильность измерений при насыщении измеряемой среды взвесями и пузырьками	
	-ограничения по минимальной скорости потока	

2. *Электромагнитные расходомеры* производят учет жидкости, проходящей через прибор, при ее взаимодействии с магнитным полем счетчика. Электромагнитный расходомер состоит из первичного преобразователя, который устанавливается на трубопроводе, и преобразователя сигнала. Принцип действия основан на измерении электродвижущей силы (ЭДС), возникающей в потоке жидкости, протекающей через искусственно созданное магнитное поле, при этом ЭДС прямо пропорциональна скорости потока жидкости.

Таблица 2

## Отличительные особенности электромагнитных расходомеров

Преимущества	Недостатки	Погрешность
-высокая точность	-чувствительность к помехам	0.5-1%
	-влияние отложений и загрязнений на дне и стенках трубопровода	
	-коррозия электродов прибора	
	-сложность монтажа - необходимость разрезки трубопровода и приварки фланцев	

3. *Рычажно-маятниковые* приборы применяются для измерения объема протекающей воды в закрытых и открытых канализационных каналах. При помощи сферического поплавка выполняется замер уровня сточных вод, а поворотная лопасть прибора ведет вычисление скорости движения потока жидкости.

4. *Магнитно-индукционные расходомеры.* Для объемного измерения потока в магнитно-индукционных расходомерах используется принцип электродинамической индуктивности: перемещающиеся перпендикулярно магнитному полю носители зарядов среды наводят напряжение в измерительных электродах, расположенных перпендикулярно направлению потока среды. Это измерительное, наведенное на измерительных электродах

напряжение пропорционально скорости потока среды, усредненной по поперечному сечению измерительной трубы, т.е. оно пропорционально объемному потоку.

Таблица 3

**Отличительные особенности рычажно-маятниковых расходомеров**

<b>Преимущества</b>	<b>Недостатки</b>	<b>Погрешность</b>
-на результат изменения не влияет наличие большого количества взвешенных в жидкости частиц и пузырьков газа	- засорение частей прибора находящихся в потоке сточной воды волокнистыми включениями и др. мусором	1-1.5%

Таблица 4

**Отличительные особенности магнитно-индукционных расходомеров**

<b>Преимущества</b>	<b>Недостатки</b>	<b>Погрешность</b>
-датчики индукционных расходомеров можно монтировать в любом положении	-чувствительность к помехам	1-2%
-на результат изменения не влияет наличие взвешенных в жидкости частиц и пузырьков газа		

5. *Портативные счетчики* сточных вод применяются для временного учета объемов сточных вод в исследовательских целях, проверки работы стационарного прибора учета или для временной замены установленных счетчиков, контролирующих расход сточной жидкости. Его установка не занимает много времени. Портативные расходомеры используют для измерения ультразвуковые датчики.

Учет сточных вод будет корректным только в том случае, если правильно выбран метод и прибор для измерения стоков.

После проведенного анализа существующих систем и видов приборов учета, их характеристик и особенностей, был сделан вывод о том, что выбор прибора учета зависит от:

- состава и загрязненности стоков;
- состояния трубопроводов канализационной сети;
- скорости потока;
- возможности монтажа;
- цены прибора (для предприятия цена – маловажный показатель, когда речь идет об экономии в больших масштабах, однако для применения в частном доме цена имеет значение);
- точности измерений;
- возможности обслуживания прибора (проводить регулярные проверки или установить прибор с возможностью самоочистки датчиков и самокалибровки).

## Выводы

Современный прибор, применяемый для коммерческого учета расхода в безнапорных каналах, должен быть простым и надежным, обязан учитывать все перечисленные выше нюансы, работать по принципу площадь-скорость, корректно вычислять среднюю скорость в реальных каналах и обеспечивать корректные результаты измерения, независимо от наличия ила и подпоров.

### Библиографический список

1. Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»/ Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ
2. Федеральный закон № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении»/ Федеральный закон от 07.12.2011 № 416-ФЗ (ред. от 29.12.2015)
3. Кукол, Е. На канализацию установят приборы учета [Электронный ресурс] / Е. Кукол, Т. Шадрина / Российская Газета, - статья от 11.09.2013 - Режим доступа : <http://www.rg.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Resenergo.ru/: сайт инженерной компании [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://resenergo.ru/?cat=6>, свободный. – Загл. с экрана.
5. Krohne.ru/: сайт производителя измерительного оборудования [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.krohne.ru/](http://www.krohne.ru/), свободный. – Загл. с экрана.
6. Vzljot-msk.ru: сайт производителя расходомеров [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://vzljot-msk.ru/products/ultrazvukovoy\\_rashodomer/](http://vzljot-msk.ru/products/ultrazvukovoy_rashodomer/), свободный. – Загл. с экрана.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

*Симашев А.О., студент 4-го курса 1 группы ИИЭСМ*

*Иванов М.И., студент 4-го курса 1 группы ИИЭСМ*

*Научный руководитель – Чижик К.И., доц., к.т.н.*

В малых населенных пунктах, дачных поселках, деревнях, санаториях, частном секторе или других зданиях находящихся вдали от городской канализационной сети, очистка сточных вод имеет определенные отличия от классических очистных сооружениях. Для таких населенных пунктах целесообразно строить городскую очистную станцию, так как затраты на канализационную сеть будут чересчур велики для небольшого количества жителей. В таких пунктах, как правило, используют очистные сооружения, основанные на естественных методах очистки. К ним относятся: септики, фильтрующие колодцы, выгребные ямы и т. д. Но так же существует метод очистки сточных вод на основе технологии «constructed wetlands», очистка этим методом происходит с помощью высших водных растений. Альтернативой биологическом методом очистки на небольших очистных сооруже-

ниях может служить гидрофитный метод почвенно-болотной очистки или фито-системы.

Фито-системы – это системы, основанные на технологии «constructed wetland», данная технология необходима для экологической почвенно-болотной очистки и утилизации сточных вод. Благодаря высокой степени очистки стоков, своей простотой эксплуатации и низкими капитальными затратами на строительство такие фито-системы в настоящее время являются одними из наиболее перспективных и привлекательных типов очистных сооружений для малых населенных пунктах. Множество проведенных исследований подтверждают успешное применение фито-систем для очистки сточных вод различного вида, в первую очередь для хозяйственно-бытовых стоков, где соединения азота является одним из главных загрязнителей. Биологические процессы, вовлекают болотную растительность, почву и связанные с ними микробные сообщества при очистке сточных вод. Типовые устройства почвенно-болотных сооружений состоят из четырех конструктивных особенностей: устройство для равномерной подачи очищаемых вод, водоупорный слой, фильтрующий слой с загрузкой, высшие водные растения необходимые для очистки загрязнений в очищаемой воде.

Как правило, фито-системы состоят из нескольких ячеек, различной конструкции, отвечающих за определенную стадию процесса очистки сточных вод. Для удаления из загрязненной воды соединений азота традиционно используются процессы нитрификации и денитрификации. Однако в последнее время активно исследуется возможность включения анаэробного окисления аммония в системы очистки коммунальных и промышленных сточных вод. Включение анаэробного окисления аммония в фито-системах предусматривает возможность в один этап произвести микробиологическую конверсию аммония и нитрита в газообразный азот с использованием нитрита в качестве акцептора электронов. Это приводит к уменьшению площади нитрифицирующей площадки. В свою очередь это повысить эффективность очистки сточных вод и сократить капитальные и эксплуатационные затраты на строительстве дополнительных площадок.

Наиболее часто используемые растения: тростник, камыш, ива, рогоз.

В научной литературе сооружения, основанные на технологии «constructed wetlands» подразделяют на два типа в зависимости от местоположения гидравлической проектной линии:

1) болота поверхностного потока с открытой водной поверхностью. В данном случае сточные воды, подаваемые на очистку, проходят в толще воды в контакте с микрофлорой, на стеблях и листьях водных растений;

2) болота горизонтальной или вертикальной подповерхностного потока, в которых очищаемые воды проходят в контакте с корнями растений ниже поверхности фильтрующей среды.

#### Конструктивные виды фито-систем (ФС).

Различают 4 основных вида фито-систем:

1. ФС со свободной водной поверхностью.

2. ФС с горизонтальным подповерхностным потоком.
3. ФС с вертикальным подповерхностным потоком.
4. Комбинированные ФС

Таблица 1

Преимущества и недостатки применения фито-систем

Преимущества	Недостатки
Простота эксплуатации; Эстетика сооружений; Устойчивость при неравномерном поступлении сточных вод; Конкурентоспособная стоимость по сравнению с обычными методами; Возможность удаления одновременно питательных веществ и специфических загрязнений, таких, как, например, тяжелые металлы	Большая территория, необходимая для выполнения установки; Трудности, связанные с адаптацией растений к температурным режимам окружающей среды.

Эффективность очистки ФС меняется с усложнением структуры системы. Наименее эффективными являются ФС открытого типа, наиболее эффективными - ФС гибридного типа. Качество очищенных стоков ФС гибридного типа соответствует требованиям РФ для водоёмов рыбохозяйственного назначения, содержание колиформных бактерий в выпусках гибридных ФС может достигать значений СанПиН для стоков.

ФС с подповерхностным потоком не имеют запаха и могут располагаться рядом с застройкой. Строительство ФС наиболее предпочтительно в малых поселениях – это приводит к экономии затрат на строительство водоотводящих сетей и насосных станций.

Библиографический список

1. Семенов С. Ю., Сивкова Е.Е. – Использование технологии «constructed wetlands» для очистки сточных вод малых населенных пунктов и предприятий // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2010. № 4 (12).
2. Сивкова Е.Е., Прибыткова Е. В. – Влияние рогоза широколистного (*Typha latifolia* L.) и компонентов фильтрующей загрузки на эффективность удаления соединений азота в системах почвенно-болотной очистки сточных вод // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2011. № 2 (14).
3. Н.М. Щеголькова, В.Диас, Е.А. Криксунов, К.Ю. Рыбка – Фито-системы для очистки сточных вод: современное решение экологических проблем // НДТ Перспектива XXI. 2015. №2, с. 44-55.
4. Щеголькова Н.М., Диас В., Криксунов Е.А., Рыбка К.Ю. Оценка применения фито-систем для очистки сточных вод в России / Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2013. С. 20–31.



СЕКЦИЯ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ  
АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ  
ОБЪЕКТАМИ ИНЖЕНЕРНО-  
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА  
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО  
КОМПЛЕКСА

## АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ

*Гусарова А.А., студентка 3-го курса 31 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Широков Л.А., проф., д.т.н.*

Применения новых технологий позволяет оптимизировать технологические процессы. На примере автоматизации процесса ректификации нефтегазоконденсатной смеси (процесса получения дистиллята устойчивого состава), можно продемонстрировать, каким образом возможно применения АСУ к данному процессу.

АСУ для управления процессом ректификации строится на основе технических средств управления и автоматизации (приборы контроля, управления и регулирования таких параметров, как: давление, температура, расходов, уровней жидкости, плотность, фракционный состав, вязкость и др.; аппаратура автоматической сигнализации; блокировки.

Воздействие управления может повлиять на ОУ с запаздыванием. В связи с такой особенностью управления, необходимо подбирать регулятор с учётом инерционности объекта регулирования. Также можно использовать дополнительные датчики и регуляторы, сформированные в систему регулирования.

К основным технологическим параметрам данного процесса относятся:

- давление в колонне;
- температура колонны;
- расход потоков;
- уровни жидкостей.

Качество дистиллятов получаемых продуктов определяется следующими параметрами:

- фракционным составом исходного сырья;
- количеством орошения колонны;
- числом контактных тарелок или высотой насадочных пакетов и их числом;
- количеством подаваемого и снимаемого в колонну тепла.

Фракционный состав продукта зависит от температуры и давления в той области, где они находятся в виде дистиллятных паров или жидкости.

Состав и состояние поступаемого сырья изменчив, поэтому необходим контроль параметров режима колонны.

Для регулирования фракции дистиллята, вверху колонны, используют 2 метода:

1. Изменение количества орошения и температуры.
2. Постоянство температуры верха колонны.

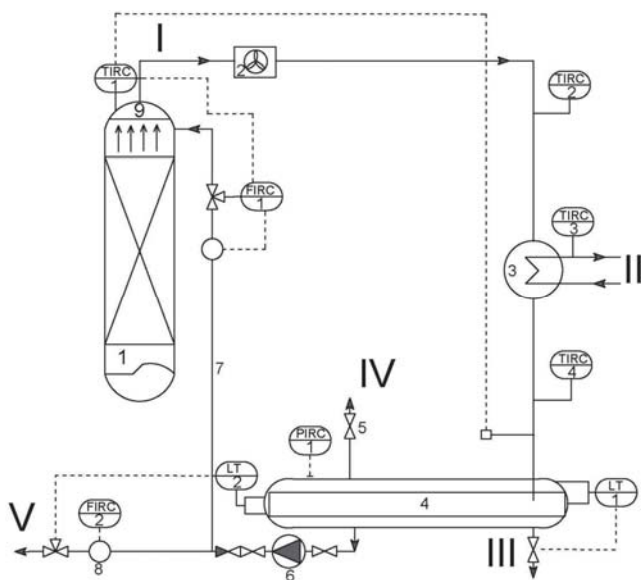
Во втором случае малые изменения расхода жидкостных потоков на контактных тарелках обуславливают меньшую зависимость качества дистиллята от колебаний свойств сырья и его расхода.

Для поддержания температурного режима необходимо контролировать подвод тепла в низ колонны, и проследить влияние данного параметра на

влияние температурного режима на веру колонны. Без учёта этих параметров колонна может быть выведена из строя внутренними потоками.

На рис. 1 приведена схема регулирования температуры верха колонны и качества дистиллята, уходящего с верха колонны.

Пар из верхушки установки (1) поступает в конденсатор воздушного охлаждения (2), после смесь газа, пара и жидкости переходит в доохладитель (водяной) (3), далее смесь идёт в ёмкость-сепаратор (4), где от углеводородного и водяного конденсата отделяется не сконденсировавшийся газ. Этот газ отводится по трубе (5), проходя регулятор давления (PIRC – 1). Давление во всей установке определяется остаточным давлением паров дистиллята, это давление зависит от температуры после охлаждения и конденсации в холодильнике (3). В ёмкости-сепараторе (4) вода и углеводородный конденсат отделяются друг от друга: вода концентрируется внизу ёмкости и с помощью регулятора уровня (LT-1) выводится из системы по линии III.



**Рис. 1.** Схема регулирования температуры верха колонны и качества дистиллята: 1 - верх ректификационной колонны; 2 - конденсатор охлаждения (воздушного); 3 - охладитель (водяной); 4 - ёмкость-сепаратор для отделения газа от воды и углеводородного конденсата; 5 - отвод газа; 6 - насос; 7 - подача орошения; 8 - откачка балансового количества дистиллята; 9 - коллектор-распределитель орошения; I - пары дистиллята; II - охлаждающая вода; III - вода (технологический конденсат); IV - газ; V - дистиллят;

TIRC-1 - регулятор температуры (вверху колонны); TIRC-2, TIRC-3, TIRC-4 - датчики температуры (показывающие); LIRC-1 - межфазовый регулятор уровня дистиллят/вода, PIRC-1 - датчик давления (регулирование); FIRC-1, FIRC-2 - регуляторы расхода орошения и откачки дистиллята

Для более качественного вывода дистиллята из емкости (4) устанавливается перегородка, перетекая через которую дистиллят поступает к насосу (6), который способствует орошению по линии 7 на верхнюю тарелку колонны. Орошение вводится через специальный коллектор (9). Дистиллят отводится по линии 8, регулируемый прибором уровня (LIRC-2) емкости-сепаратора (4). Приборы для контроля качества дистиллята установлены так, чтобы уменьшить запаздывание регулирования.

У установки есть несколько режимов работы: режим пуска, рабочий режим, режим аварии, режим остановки. Перед пуском должны быть проверены приборы контроля, измерения и регулирования. Достижением рабочего режима считается момент получения продукта, требуемого качества. Режим аварии срабатывает с момента выявления некорректной работы аппаратуры, что может привести к нарушению работы установки и снижению качества получаемого продукта. Переход установки в режим остановки, также как и в режим пуска, должен проводиться в определенной последовательности.

АСУ данного технологического процесса имеет трехуровневую структуру:

Первый (верхний) уровень – SCADA – диспетчерское управление и сбор данных оператором.

Второй (средний) уровень – программируемые логические контроллеры (ПЛК).

Третий (нижний) уровень – первичные приборы: датчики температуры, давления, расхода и др. Выходом на рабочий режим в процессе эксплуатации лабораторной установки считается момент получения водоспиртовой смеси, с содержанием спирта не менее 94 %.

## Заключение

Точный контроль и регулирование температурного режима ректификационной колонны, которые можно реализовать с помощью АСУ, способны поддержать основные технологические параметры на заданном уровне.

Применение автоматизации к данному процессу повысит как качество получаемого продукта, так и сроки эксплуатации установки за счёт предотвращения аварий.

## Библиографический список

1. Азизов С.А., Али-Заде Н.С., Атакишева М.К., Гаджиев М.Г., Искендер-Заде З.А., Глаголевой О. Ф., Капустина В. М. Технология переработки нефти. В 2-х частях. // Часть первая. Первичная переработка нефти – М.: Химия, Колос С, 2006.

2. Ключева А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов // Справочное пособие, Москва, 2-е издание, Энергоатомиздат, 1989.

3. Молчанов А.М., Топчибашев М.А. Математическая модель ректификационной колонны. – Изд-во: Пушино, 1974.

4. Мухамедханов У. Т., Муминов Р. Р. Автоматизация регулирования основных параметров процесса ректификационной колонны // Молодой ученый. 2015. №7. С. 180-182.

5. Наумовская А.А., Рудницкий В.А. Сравнение эффективности пид-регулирования и нечеткого регулирования в системе управления процессом ректификации нефти // XII Всероссийская научно-практическая конференция «Технологии Microsoft в теории и практике программирования». С. 26-28.

## КИБЕРНЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

*Одноровов Е.П., студент 4-го курса 32 группы ИИЭСМ  
Научные руководители – Гордеев-Бургвиц М.А., доц., к.т.н.,  
Вильданов К.Я., проф., д.т.н., Чернов Р.О., доц., к.т.н.*

В статье рассматривается вопрос повышения уровня образования студентов технических специальностей, с использованием аппаратно-программных комплексов, входящих в состав макета, демонстрирующего основополагающие принципы работы автоматизированных систем управления инженерным оборудованием.

На данный момент можно наблюдать тенденцию увеличения доли самообразования в учебном процессе в ВУЗах. При этом стоит отметить, что увеличение заинтересованности обучающихся в изучении излагаемого материала позволяет значительно улучшить как понимание излагаемого материала, так и его запоминание.

В частности, актуален вопрос об упрощении восприятия материалов теории автоматического управления – специального математического аппарата, используемого при разработке систем автоматического управления, его изучение представляет значительную сложность ввиду высокой степени абстрактности. Отдельно стоит отметить важность приобретения практических навыков работы с оборудованием.

В основе концепции разрабатываемого макета лежит три основных принципа:

- наглядность протекающих в системе процессов позволит упростить объяснение механики демонстрируемых явлений и, как отмечалось выше, понимание материала;
- соответствие реальным объектам систем автоматического управления;
- адаптивность, подразумевающая возможность изменения макета для решения задач, не предусмотренных базовой конфигурацией комплекса.

В настоящий момент проделана значительная работа по созданию макета. Был разработан и протестирован опытный образец, продемонстрировавший результаты, позволяющие судить о целесообразности дальнейших исследований и разработок в данной области.

Конструктивно макет представляет собой непосредственно модель цеха в масштабе 1:50 со всем необходимым инженерным оборудованием. Рядом с моделью расположена зона для размещения оборудования, которое действительно располагается за пределами цеха. Имеется щит автоматического управления, аналогичный реальному с необходимыми электротехническими приборами. Для моделирования были выбраны системы кондиционирования воздуха и отопления помещений. Разработка функциональных схем управления была произведена по аналогии с реальными системами. Предусмотрена возможность корректировки необходимых параметров системы, дистанционного управления оборудованием для производства пуско-наладочных и ремонтных работ, оповещение оператора об аварийных ситуациях, контроль работы наиболее ответственных устройств.

Реализация проекта предусматривает использование промышленной SCADA-системы TRACE MODE – мощного отечественного инструмента разработки, предоставляющего широкие возможности настройки, и промышленного протокола передачи данных Modbus – одного из наиболее распространённых в мире, отличающегося надёжностью и простотой. В качестве контроллера решено использовать открытую платформу Arduino, имеющую все плюсы открытого аппаратно-программного обеспечения.

В сравнении с известными аналогами, поставляемыми на рынок крупными фирмами, работающими в этой области, проект должен обладать рядом качеств, выгодно отличающих его от конкурентов: низкая стоимость, обеспечиваемая использованием распространённого и бюджетного контроллера; высокая функциональность, как в базовой версии проекта, так и значительные возможности по его модификации для решения конкретных задач; высокая степень наглядности протекающих процессов, достигаемая наиболее полным их моделированием.

Этим обуславливаются широкие возможности по коммерциализации проекта. Его доступность с одной стороны и широкий спектр применения с другой стороны, позволяют предполагать, что реализация проекта – экономически выгодное мероприятие.

На основании изложенного материала можно сделать вывод о целесообразности продолжения исследований в данной области. Применение интерактивных технологий – одно из условий качественного образования в XXI.

#### Библиографический список

1. Гордеев-Бургвиц М.А. Системы автоматического управления взаимосвязанными электроприводами мощных экскаваторов. Монография. – М.: МГСУ, 2014.
2. Попкович Г.С., Гордеев М.А. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 1986. – 392 с.
3. Гордеев-Бургвиц М.А. Основы алгебры-логики и проектирование систем управления электроприводами объектов стройиндустрии. Учебное пособие. – М.: МГСУ, 2012.

4. Ульянов Р.С., Шиколенко И.А., Одноров Е.П. Применение учебного макета ремонтно-механического цеха на базе технологий «умный дом», для проведения лабораторных работ по теории автоматического управления // Молодой ученый. 2015. №22. С. 197-200.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ**

*Елманова Е.С., студентка 4-го курса 32 группы ИИЭСМ*

*Научный руководитель – Фокина Е.Н., старший преподаватель*

Основополагающим любого строительства являются конструкционные и строительные материалы. Одними из таких материалов является металл (сталь, чугун), который производится на металлургическом заводе, путем выплавки железной руды в доменной печи.

Доменная печь имеет форму двух усеченных конусов, между которых находятся цилиндрическая часть (рис. 1). Она включает в себя:

1) колошник - верхняя часть домны, в которой происходит загрузка исходного материала и отвод доменного или колошникового газа.

2) шахта - самая большая часть доменной печи, в которой происходят основные процессы - тепловая и химическая обработка исходного материала.

3) распар - средняя часть печи, имеющая самый большой диаметр, благодаря которому шихта не задерживается в домне.

4) заплечики - имеет форму усеченного конуса и соответствует уменьшению объема проплаваемых материалов

5) горн - состоит из верхней (фурменной части) и нижней (маталлоприемник). Здесь осуществляются высокотемпературные процессы доменной печи, такие как: горение кокса, образование доменного газа, накопление жидких продуктов плавки.

Важнейшим аспектом работы доменной печи можно назвать качество конечного продукта. В рассматриваемом вопросе нельзя не учесть систему охлаждения. Охлаждение может происходить технической или химически очищенной водой. В первом случае расход воды меньше, но образование накипи уменьшает срок службы оборудования.

Современная система охлаждения доменной печи должна быть спроектирована для того, чтобы достичь приемлемых условий охлаждения во время кампании доменной печи в течение более 15 лет, одновременно сократив до минимума количество простоев, во время которых выполняются работы по техобслуживанию и ремонту.

Система охлаждения доменной печи расположена главным образом на самой печи и частично в насосной станции. Собственно на доменной установлены элементы охлаждения первичного контура охлаждения, в насосной станции установлены рециркуляционные насосы, теплообменники и градирни вторичного контура охлаждения. Вторичный контур выполнен в виде открытого контура, т.к. жидкость охлаждается в испарительных градирнях. Вторичный контур снабжен теплообменниками, которые отвечают за охлаждение 3-х первичных контуров (рис. 2).

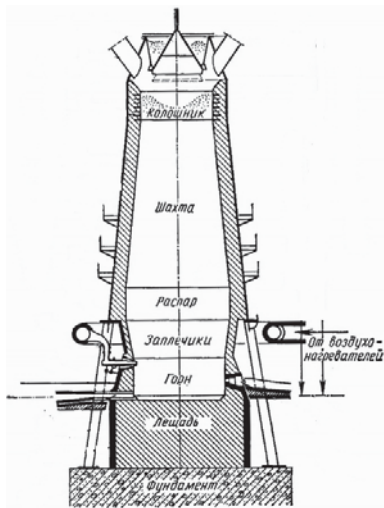


Рис. 1. Устройство доменной печи.

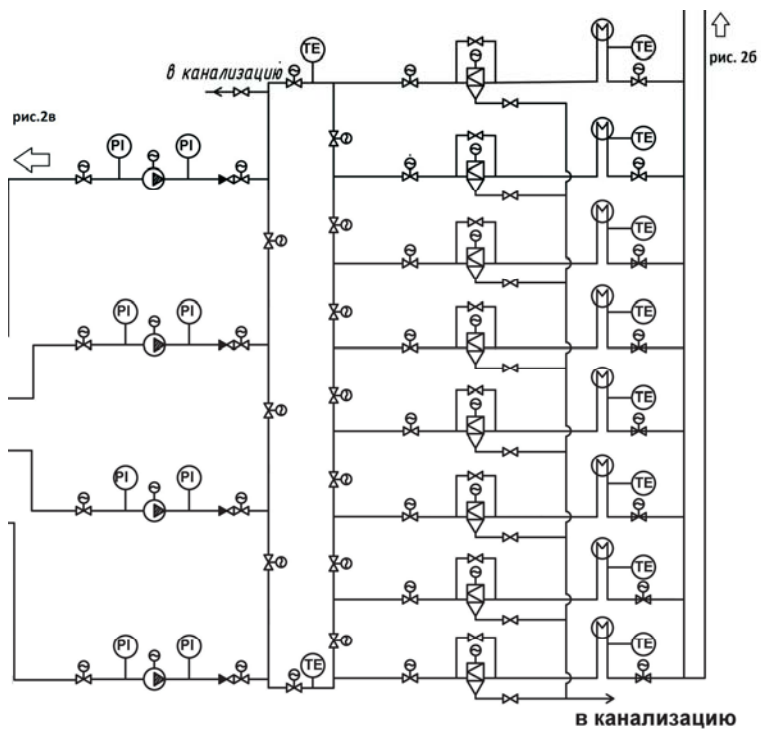


Рис. 2, а. Функциональная схема автоматизации системы. Насосы, фильтры, теплообменники



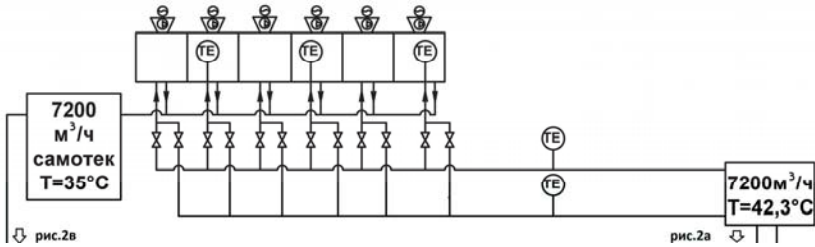


Рис. 2, б. Функциональная схема автоматизации системы. Градирни

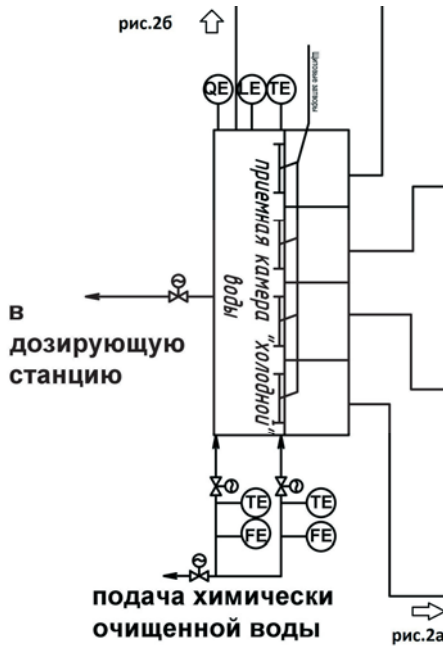


Рис. 2, в. Функциональная схема автоматизации системы. Холодный бассейн

Во вторичном контуре имеются электрические насосы с идентичными характеристиками. Насосы качают воду из холодного бассейна, приближительная температура воды 35°C. Т.к. контур является открытым, то в системе установлены фильтры. Пройдя фильтрацию вода попадает в теплообменники. Здесь вода нагревается в среднем до 47°C (рис. 2, а). Для ее охлаждения предусмотрены градирни (рис. 2, б). Далее вода собирается в холодном бассейне, откуда она попадает обратно в контур (рис. 2, в).

Автоматизация вторичного контура охлаждения включает в себя контроль: температуры, давления, расхода, уровня в холодном бассейне, градирен, а так же работы насоса.

Для охлаждения воды вторичного контура, как было рассказано ранее, предусмотрены градирни. В градирнях вода распределяется по многочисленным форсункам для увеличения поверхности охлаждающей воды. В верхней части градирен установлены вентиляторы, приводимые в действие электродвигателями. Вентилятор засасывает воздух из воздухозаборника со дна градирни наверх. Поэтому вода охлаждается испарением. Двигатели вентиляторов работают на двух скоростях. Скорость вращения регулируется в соответствии с температурой воды холодного бассейна и возвратной воды теплообменников.

После прохождения через градирни вода собирается холодным бассейном. Емкость бассейна – 2500 м<sup>3</sup>. Для контроля уровня в бассейне установлен датчик уровня с заданными значениями. В холодном бассейне дополнительно установлен температурный датчик.

Из-за того, что вторичный контур является полузакрытым, вода «сгущается» (увеличивается концентрация соли) при испарении в градирнях, в результате чего увеличивается проводимость охлаждающей воды. Для уменьшения проводимости в холодном бассейне предусмотрен клапан сброса воды. Сам сброс осуществляется по датчику концентрации. Когда уровень воды достигает заданного технологами значения, включается подача смешанной воды, за счет чего уменьшается концентрации соли воды холодного бассейна.

Вода, которая сливается из бассейна, может вторично использоваться, пройдя предварительную обработку, которая состоит в регуляции pH и дозировке других добавок, таких как ингибитор коррозии, стабилизатор жесткости (чтобы не было осадка) и биоцид. В соответствии с замером расхода технической воды дозирующее устройство добавляет специальные вещества в том количестве, которое необходимо соответствующему объему израсходованной воды. Все это происходит в дозирующей станции.

Система охлаждения позволяет не только значительно улучшить качество продукции и обеспечить работу печи в заданном режиме. Верно составленный алгоритм управления повышает срок службы оборудования, уменьшает вероятность выхода оборудования из строя, снижает затраты на эксплуатацию и ремонт, продлевает срок службы самой печи.

#### Библиографический список

1. Ю.Н. Федоров. Справочник инженера по АСУТП: проектирование и разработка. – Москва, Инфа-Инженерия, 2008. 928 с.
2. А.Л. Нестеров. Проектирование АСУТП. – Санкт-Петербург, ДЕАН, 2006. 552 с.