

Министерство образования и науки Российской Федерации

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

**СБОРНИК ТРУДОВ  
АСПИРАНТОВ, МАГИСТРАНТОВ И  
СОИСКАТЕЛЕЙ**

*Технические науки  
Науки о Земле. Экология*

Нижегород  
2015

**ББК**

Сборник трудов аспирантов, магистрантов и соискателей.  
Технические науки. Науки о Земле. Экология. – Н.Новгород: ННГАСУ,  
2015. – 219 с.

ISBN

В сборник вошли работы, выполненные магистрантами, аспирантами и соискателями ученой степени кандидата наук на кафедрах: архитектуры; водоснабжения и водоотведения; геодезии; гидротехнических сооружений; железобетонных, каменных и деревянных конструкций; металлических конструкций; организации и экономики строительства; отопления и вентиляции; технологии строительства; теплогазоснабжения; экологии и природопользования.

Составители:

Н.Д. Жилина, Я.В. Давыдова (отдел аспирантуры и докторантуры)

**Редакционная коллегия:**

И.С. Соболев, В.Н. Бобылев, А.В. Васильев, Г.А. Шеховцов,  
С.В. Соболев, А.К. Ломунов, А.И. Колесов, С.В. Горбунов, В.И. Бодров,  
А.Г. Кочев, Л.Н. Губанов.

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА.  
ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА**

---

---

УДК 721.01+725

Н.А. Бобина

**Факторы, влияющие на учебное архитектурно-строительное  
проектирование раздела «генеральный план»  
для гражданских зданий**

Прежде чем приступить к профессиональной деятельности будущему выпускнику по направлению подготовки 270800 «Строительство» необходимо овладеть определенным объемом знаний, научиться понимать проекты, самому пройти через основные этапы поиска оптимальных решений и их графической интерпретации, т.е. научиться проектировать. Учебное архитектурно-строительное проектирование имеет своей целью сформировать творческое мировоззрение студента, научить его вдумчивому и обоснованному принятию рациональных проектных решений.

Познание законов выполнения архитектурно-строительных чертежей является одной из важнейших задач при обучении будущих бакалавров-строителей. Согласно методике архитектурно-строительного проектирования обучение студентов созданию качественных проектов гражданских зданий рекомендуется начинать с разработки ими раздела генерального плана (ГП), поскольку в основе любого качественного проекта лежит тщательное изучение проектируемой территории. Студенты должны понять, что при проектировании любого объекта невозможно использовать типовые решения в планировке участка, так как разработка раздела ГП осуществляется на основе целого комплекса данных, в том числе топографических, геодезических, инженерно-геологических и прочей исходной информации, имеющей отношение только к конкретной проектируемой территории.

В процессе учебного проектирования ГП важно акцентировать внимание студентов на необходимости обеспечения в проектных решениях комфортной среды для жизни человека. Создание такой среды возможно лишь при условии учета ряда факторов, самым непосредственным образом влияющих на качество жизни людей. На основании изученной литературы нами выделены следующие основные факторы:

- природно-климатические (рельеф местности, ветровой режим территории);
- санитарно-гигиенические (инсоляция территории, шумовой режим);
- безопасности жизнедеятельности (требования пожарной безопасности).

Эти факторы необходимо учитывать в учебном архитектурно-строительном проектировании раздела ГП для гражданских зданий, именно они обуславливают определенные требования в проектной работе.

Рассмотрим подробнее характеристику каждого из выделенных факторов.

#### Природно-климатические факторы

Рельеф местности принципиально влияет на структуру генерального плана. Можно выделить следующие основные задачи организации рельефа территории застройки в учебном архитектурно-строительном проекте гражданского здания:

- создание условий для удобного движения пешеходов и транспорта;
- организация стока поверхностных вод к лоткам примыкающих к территории улиц;
- наиболее рациональное расположение на рельефе зданий;
- выразительное архитектурно – планировочное решение.

Как правило, учебные проекты выполняются в условиях спокойного рельефа с перепадом отметок на участке строительства – 1 м. Если участок, отведенный под застройку, имеет сложный рельеф, необходимо использовать приемы свободной застройки, которая позволяет наиболее полно учесть особенности территории и раскрыть здания в сторону наилучшего обзора окружающего ландшафта, ориентируя их на наиболее благоприятные стороны горизонта и защищая при необходимости от перегрева или ветров. Малоценные территории (овраги) рационально использовать под зоны отдыха и озеленение, для размещения спортивных объектов, гаражей и для прокладки транспортных магистралей.

Учебное проектирование организации рельефа гражданского здания следует начинать с решения высотных отметок проездов, по которым сток поверхностных вод с территории участка должен осуществляться самотеком по лоткам проездов в лотки прилегающих улиц. При этом одновременно должны быть созданы нормальные уклоны, обеспечивающие удобство и безопасность движения пешеходов и транспорта [1].

После установления проектных отметок проездов и площадок нужно определить высотные отметки «привязки» к рельефу отдельных зданий. Постановка зданий на рельефе, кроме архитектурно-композиционного и планировочного решения должна обеспечить удобство подхода и подъезда к зданиям и водоотвод от них. Исходя из этого, студенту следует назначить проектные (красные) отметки углов и входов в здания.

В процессе учебного архитектурно-строительного проектирования студент должен понять, что правильное размещение зданий по отношению к рельефу местности имеет важное экономическое значение, так как оказывает значительное влияние на стоимость 1 м<sup>2</sup> площади помещения. Неправильная «посадка» здания на рельеф влечет увеличение объема земляных работ или бесполезное увеличение объемов цокольных этажей, вызывает необходимость устройства дополнительных наружных лестниц,

усложняет устройство фундаментов. Чтобы избежать этого, здания следует располагать вдоль горизонталей или под небольшим углом к ним.

Проектируемые здания должны быть обеспечены всеми видами инженерного оборудования: водоснабжением, канализацией, газо-, тепло-, и электроснабжением, горячим водоснабжением. Рациональный выбор трасс инженерных сетей во многом зависит от характера рельефа, расположения зданий, их этажности и плотности застройки, а также последовательности строительства. Все это необходимо учитывать при организации рельефа территории застройки в процессе учебного архитектурно-строительного проектирования.

Ветровой режим является следующим в группе природно-климатических факторов. Он регулируется планировочными решениями в зависимости от того, нужно ли защищать территорию застройки от излишнего продувания или создавать необходимое движение воздуха – проветривание.

В условиях сильных ветров лучшей ветрозащитой территории и жилой застройки являются протяженные многосекционные здания, расположенные поперек господствующего направления ветра (ветрозащитные дома-экраны). Кроме того, для защиты от ветров рекомендуется использовать П-, Г-, Т- и V – образные группировки зданий, обращенные углом на наветренную сторону.

В условиях низких скоростей ветра для проветривания пространства дворовой территории планировку и застройку следует осуществлять с учетом преобладающих направлений ветровых потоков. В таких условиях на наветренных и возвышенных участках студентам рекомендуется проектировать здания башенного типа, а протяженные здания повышенной этажности располагать параллельно господствующему ветру для более свободного доступа ветра.

#### Санитарно-гигиенические факторы

Продолжительность инсоляции, т.е. продолжительность прямого облучения солнечным светом здания и окружающей территории относится ко второй группе факторов, которые необходимо учитывать в учебном проектировании ГП гражданских зданий.

Студенты должны учитывать, что инсоляция является важным фактором, оказывающим оздоравливающее влияние на среду обитания человека, и ее необходимо использовать как на территории застройки гражданских зданий, так и в самих зданиях. Выполнение требований норм инсоляции [2] достигается размещением и ориентацией зданий по сторонам горизонта, а также их объемно-планировочными решениями.

В учебном архитектурно-строительном проектировании раздела ГП для гражданских зданий студентам очень важно правильно выбрать ориентацию улиц и зданий по сторонам света. Решение этих вопросов с учетом требований инсоляции позволяет значительно уменьшить ширину разрывов между зданиями и увеличить плотность застройки.

Способы ориентации зданий могут быть различными. Студенты должны научиться грамотно применять в своих проектах здания меридиональной и широтной ориентации.

Здания меридионального типа, в которых помещения располагаются вдоль продольных сторон, на участке размещают так, чтобы продольная ось здания совпадала с направлением север – юг. В этом случае восточный и западный фасады получают примерно равную продолжительность инсоляции. Здания широтного типа, в которых помещения располагаются по одной его продольной стороне, на участке размещают так, чтобы продольная ось здания имела направление восток – запад. В этом случае окна помещений здания обращены на юг, юго-восток и юго-запад.

В процессе учебного проектирования студенты также должны изучить вопросы ориентации и размещения детских дошкольных учреждений и общеобразовательных школ, в которых продолжительность инсоляции устанавливается в зависимости от функционального назначения помещений.

Шумовой режим – следующий важнейший санитарно-гигиенический фактор, который необходимо учитывать в учебном архитектурно-строительном проектировании раздела ГП для гражданских зданий. Студенты должны понимать, что уровень шума в гражданских зданиях зависит от расположения их по отношению к городским источникам шума, внутренней планировки, характера оборудования.

В связи с все более масштабным развитием транспортной инфраструктуры основным источником шума на территории жилой застройки являются транспортные потоки на магистральных улицах и дорогах. В тех случаях, когда территория, отведенная под строительство, граничит с транспортной магистралью, отличающейся интенсивным движением, студенты должны формировать застройку, по возможности, зданиями нежилого назначения. При необходимости размещения на магистрали жилой застройки студенты должны проектировать специальные типы шумозащитных жилых домов, например, все спальные комнаты располагать на противоположной от магистрали стороне дома.

Важно акцентировать внимание студентов на том, что источники возможного шума необходимо экранировать озеленением, различного рода шумозащитными стенками, возвышениями рельефа местности. При этом здания школ и дошкольных учреждений следует располагать от жилых зданий на предусмотренном нормами расстоянии и защищать зелеными насаждениями.

#### Факторы безопасности жизнедеятельности

Обеспечение пожарной безопасности относится к третьей группе факторов, которые необходимо учитывать в учебном проектировании ГП гражданских зданий.

Для обеспечения пожарной безопасности гражданского объекта в учебном проекте должны быть обоснованы:

- противопожарный разрыв или расстояние от проектируемого объекта до ближайшего здания, сооружения или наружной установки;
- меры по обеспечению возможности проезда и подъезда пожарной техники, безопасности доступа личного состава подразделений пожарной охраны и подачи средств пожаротушения к очагу пожара, параметры систем пожаротушения, в том числе наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения.

Необходимо отметить важность комплексного учета рассмотренных выше факторов при учебном архитектурно-строительном проектировании раздела ГП для гражданских зданий. Учебная проектная работа представляет собой выбор рациональных непротиворечивых решений по схеме: анализ возможных решений, оценка альтернатив, предвидение результатов [1]. Мы считаем, что студенты в своих проектах должны учитывать выделенные нами факторы и определяемые ими требования проектирования в тех отношениях, которыми они связаны между собой, а также их взаимодействие в конкретном объекте, вскрывая противоречивость требований, оценивая их, синтезируя и подчиняя их построение руководящей идее. Многовариантность проектных решений создает некоторое «пространство маневра» для внутренней взаимоувязки выделенных факторов. Окончательное решение должно быть приемлемым с учетом всех требований. Таким образом, все учтенные факторы во взаимодействии позволяют студентам создавать качественные чертежи ГП гражданских зданий.

#### Литература

1. Бархин, Б. Г. Методика архитектурного проектирования: учеб.-метод. пособие для вузов / Б. Г. Бархин // 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Стройиздат, 1993. – 225 с. : ил.
2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01. Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий : дата введ. 01.02.2002. - Изд. офиц. - Москва : ГУП ЦПП, 2002. – 5 с. (Система нормат. док. в стр-ве).
3. Тосунова, М. И. Планировка городов и населенных мест: учеб. для строит. техникумов по спец. № 1201 «Архитектура» / М. И. Тосунова // 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высш. шк., 1986. – 207 с. : ил.

УДК 628.1(470.341-25)

И.В. Бунтиков

### **Совершенствование работы водопроводных насосных станций в Нижнем Новгороде**

Нижний Новгород – один из крупнейших мегаполисов России, широко раскинувшийся на живописных берегах рек Волги и Оки на

площади 369 кв. км, объединяет 8 административных районов с общей численностью населения более 1,5 млн. человек.

К числу важных факторов охраны здоровья населения промышленного города с более 160 предприятий различных отраслей относится бесперебойное обеспечение его высококачественной водой. Сети и сооружения на сетях холодного водоснабжения в Автозаводском, Ленинском и Канавинском районах обслуживает Заречный водопроводный эксплуатационный участок (ЗВЭУ). Общая протяженность сетей участка составляет 790 километров трубопроводов различного диаметра, на которых установлено 16523 водопроводных колодца, 9925 единиц запорно-регулирующей арматуры, 128 водоразборных колонки, 1935 пожарных гидрантов. Для повышения давления на разводящих сетях водоснабжения, от которых запитаны многоэтажные здания, установлено 104 подкачивающих водопроводных насосных станции (ВНС).

До 2005 г. подавляющее большинство ВНС работали в «ручном» режиме, т.е. не были оснащены автоматическими станциями управления. Это значительно усложняло эксплуатацию насосных станций, т.к. приходилось осуществлять непрерывный контроль за работой насосов с целью регулирования и стабилизации давления в напорной сети путем дросселирования потока запорной арматурой.

Параметры работы ВНС по расходу и давлению ХВС в зависимости от времени суток различны, в первую очередь, из-за разного количества потребителей, а следовательно, и режима потребления. Реальный диапазон изменения расходов воды потребителями колеблется от «0» в ночное время суток до «максимальных» значений в «часы пик». Такой режим работы насосного оборудования приводит к снижению эффективности, дестабилизации и перегрузкам, что значительно сокращало межремонтный цикл и срок службы агрегатов в целом. Предприятию приходилось затрачивать значительные средства на текущий и капитальный ремонт насосных агрегатов и содержать большой штат обслуживающего и ремонтного персонала.

Первые попытки автоматизировать работу ВНС были предприняты еще в 1995 году, за счет установок реле времени, реле давления и датчиков защиты «от сухого хода» на ВНС. С помощью реле времени задавался определенный интервал времени суток, в котором насосный агрегат автоматически запускался в работу (например в утренние и вечерние часы), а в остальное время стоял. С помощью реле давления задавался определенный интервал давления во всасывающем трубопроводе: если давление снижалось ниже нижнего предела, насос автоматически включался, а при повышении давления выше верхней границы, насос выключался. Датчик защиты «от сухого хода» с помощью электроконтактного манометра (ЭКМ) выполнял следующую функцию: в случае снижения давления ниже критического уровня, работа насосного агрегата автоматически останавливалась.

При первичном анализе внедрения данных устройств был установлен некоторый экономический эффект от снижения потребления электроэнергии, но при более глубоком анализе выявилась масса недостатков:

- не хватало напора воды для подачи потребителям верхних этажей;
- частые остановки (и, как следствие, запуски) электродвигателя насосов отрицательно влияло на надежность электрооборудования;
- увеличилось количество повреждений на напорных сетях и запорной арматуре из-за гидравлических ударов при запуске насоса.

Таким образом, установка отдельных элементов автоматического регулирования работы насосных агрегатов не позволила добиться гибкого регулирования расходно-напорных характеристик, а также снизить число обслуживающего персонала.

Решением проблемы автоматического регулирования работой насосных агрегатов на ВНС стало внедрение станций управления с частотно-регулируемым электроприводом и устройством плавного пуска, которое позволило:

- обеспечить стабильное постоянное давление, необходимое потребителю в любое время суток;
- увеличить межремонтный цикл насосов за счет исключения перегрузки электродвигателя, запорной арматуры и системы трубопроводов;
- обеспечить плавный пуск агрегата, исключая возникновение гидроударов на напорных трубопроводах;
- обеспечить защиту оборудования от «сухого хода»;
- обеспечить автоматический плавный запуск насосного агрегата при отключении напряжения в электросети по разным причинам. Причем прежде, чем запустить насосный агрегат в работу, система проверяет (тестирует) все необходимые параметры, и только после этого дает команду на включение, что увеличивает защиту электрооборудования;
- экономить электроэнергию, например, на одном и том же объекте месячный расход электроэнергии без частотного регулирования составлял 41680 кВт/час, с использованием ЧРП – 9220 кВт/час;
- создавать электронный архив, который позволяет накопить статистику и анализировать неисправности.

Несмотря на довольно высокую стоимость оборудования, работ по его монтажу и наладке, все затраты окупаются в короткий срок, т.к. высвобождается рабочий персонал, отпадает необходимость содержать большой штат машинистов и обходчиков ВНС.

Внедрение станций управления с частотно-регулируемым электроприводом и устройством плавного пуска позволило также сократить количество повреждений на напорных сетях ХВС, что также снижает затраты на ремонт повреждений, к примеру, стоимость работ по ремонту одного повреждения с разрывом котлована и последующим

благоустройством территории, в среднем, составляет от 120 до 180 тысяч рублей.

В настоящее время ведутся разработки по внедрению новых технологий совершенствования работы ВНС с более широким спектром действия, например:

1. Автоматическая передача информации о давлении ХВС.
2. Автоматическая передача информации о расходе ХВС.
3. Автоматическая передача информации о затоплении.
4. Автоматическая передача информации о пожаре.
5. Автоматическая передача информации о несанкционированном проникновении.
6. Автоматическая передача информации, какой из насосных агрегатов в работе.
7. Автоматическая передача информации об отключении электроэнергии и т.д.

Перечисленные функции позволят в перспективе сократить расходы на эксплуатацию и оперативное управление ВНС, за счет более рационального распределения рабочего времени персонала по информации, полученной от станций управления.

УДК 628.2(470.341-25)

Р.В. Быстров

### **Применение биомембранной технологии для очистки сточных вод фармацевтического предприятия**

Современный уровень развития общества, промышленного производства и экологическое состояние окружающей среды определяют повышенные требования к качеству очищенных сточных вод, сбрасываемых в водные объекты.

Традиционные технологии биологической очистки в аэротенках, биофильтрах не обеспечивают этих требований, что вызывает необходимость строительства дополнительных дорогостоящих сооружений глубокой доочистки биологически очищенных сточных вод, стоимость которых составляет до 30 % стоимости всего комплекса очистных сооружений.

Дальнейшее качественное улучшение характеристик биологической очистки возможно с помощью принципиально новых решений.

Одним из современных перспективных направлений, активно развивающихся в мире в последние годы, являются мембранные биореакторы (МБР). Этот метод максимально использует достоинства биологических методов очистки и мембранного фильтрования. В последние годы технология МБР всё шире используется для очистки

промышленных сточных вод, в том числе сточных вод фармацевтических предприятий.

На сегодняшний день насчитывается пятнадцать МБР сооружений, построенных для фармацевтической промышленности в Западной Европе. Из них четырнадцать сооружений работают с погружными модулями и одно сооружение с выносными мембранными модулями. Производительность сооружений составляет от 50 до 1500 м<sup>3</sup>/сут [1,2].

В России опыт использования МБР технологии для очистки сточных вод фармацевтических предприятий отсутствует.

В ННГАСУ были проведены лабораторные и опытно-промышленные испытания по очистке сточных вод фармацевтического предприятия с использованием мембранного биореактора.

Для опытно-промышленных испытаний была использована установка, схема которой представлена на рисунке 1.

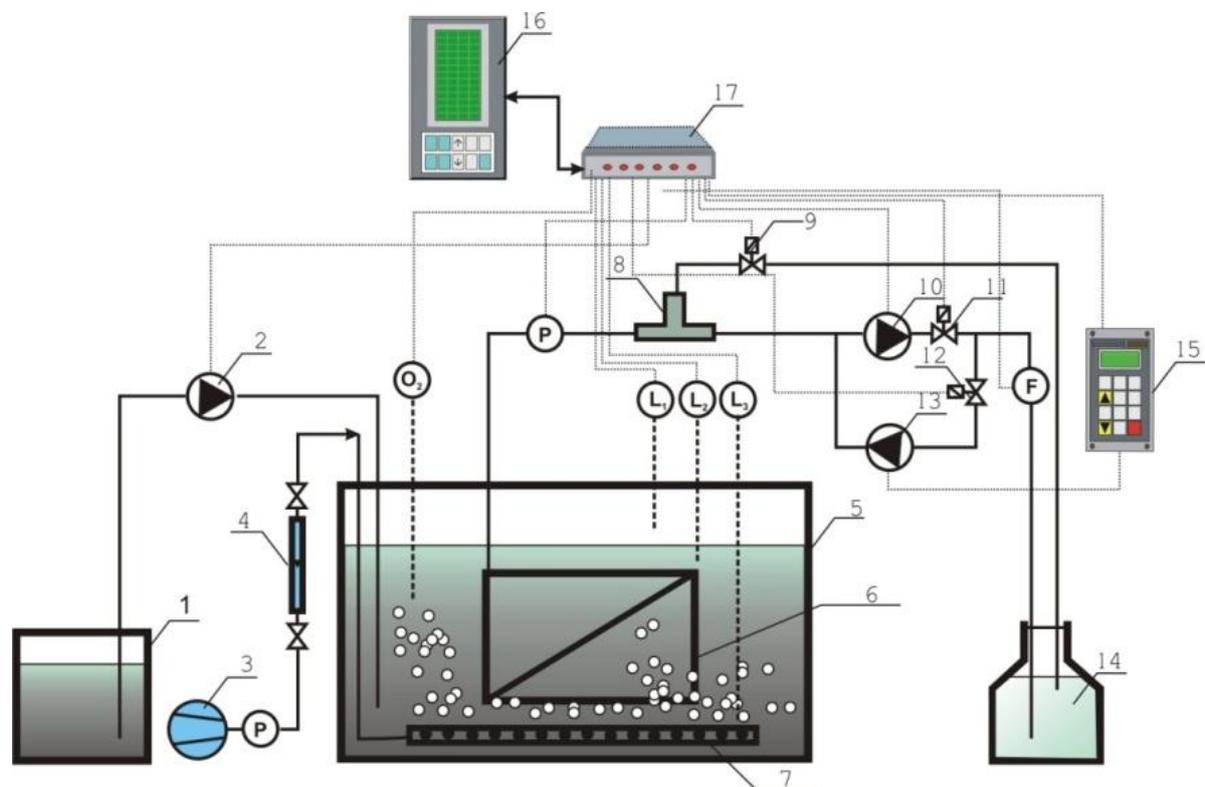


Рис. 1. Схема автоматизированного опытно-промышленного мембранного биореактора:

1- емкость с исходной водой; 2- подающий насос в мембранный биореактор; 3- компрессор; 4- ротаметр; 5- мембранный биореактор; 6- погружной мембранный модуль; 7- аэратор; 8- тройник для сбора воздуха; 9, 11, 12- магнитные клапаны; 10, 13- насосы для режимов фильтрования и промывки; 14- емкость очищенной воды; 15- преобразователь частоты; 16- КПК; 17- плата сбора данных USB-6008.

В качестве погружного мембранного модуля был использован модуль с плоскими PVDF мембранами китайского производства общей площадью поверхности 3,2 м<sup>2</sup>, размер пор мембран составлял 200 нм (рис. 2).



Рис. 2. Внешний вид используемых мембран

При создании опытно-промышленной установки были поставлены следующие задачи: автоматический мониторинг и управление процессом, круглосуточная работа, мобильность и компактность с целью транспортировки ее на различные предприятия для проведения испытаний, возможность сохранения требуемых параметров через определенные интервалы времени. Установка работала под управлением КПК Aser 300 через модуль сбора данных USB-6008 (National Instruments Co). Программа управления и мониторинга была разработана в среде программирования LabVIEW 8.2 и программного модуля PDA for Windows Mobile. Данная система управления может использоваться и для станций очистки сточных вод малой производительности.

В установку круглосуточно подавалась сточная вода предприятия после жируловителя расходом  $1 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Состав подаваемой сточной воды представлен в табл. 1.

Таблица 1

Состав сточной воды фармзавода в г. Нижнем Новгороде после жируловителя

Ингредиент	Единицы измерения	Средние значения
Взвешенные вещества	мг/л	84
Жиры	мг/л	24
ХПК	мгО/л	1049
СПАВ	мг/л	5,8
нефтепродукты	мг/л	9,4
рН		6,9

Установка стабильно работала в круглосуточном режиме в течение четырех месяцев. После адаптации активного ила, привезенного со станции аэрации г. Нижнего Новгорода и постепенного увеличения нагрузки на аппарат до  $120 \text{ мг ХПК/г}$  сухого активного ила в сутки наблюдали за состоянием активного ила и качеством очищенной воды.

Визуальные наблюдения активного аэробного ила под микроскопом с 80-ти кратным увеличением показали отсутствие токсичного воздействия очищаемой сточной воды на его биоценоз, наблюдали рост активного ила

и развитие различных форм прикрепленных и свободно движущихся микроорганизмов. Доза ила в аппарате составляла 8-12 г/л.

Исследования показали, что качество очищенной воды по всем проблемным для предприятия показателям соответствует нормам сброса в городскую сеть канализации.

#### Литература

1. „Membrantechnik fuer die Abwasserreinigung“, Siedlungswasser- und Siedlungsabfallwirtschaft Nordrhein-Westfalen, FiW Verlag, 2003, 347 S.

2. Judd S. the MBR Book: Principles and Applications of Membrane Bioreactors in Water and Wastewater Treatment/S. Judd, C. Judd, Elsevier Ltd. Great Britain 2006 – 342p.

УДК 628.2 (470.341-25)

В.Е. Вавилов

### **Применения бестраншейной спирально-навивочной технологии восстановления трубопроводов**

Спирально-навивочный метод можно отнести к одной из передовых и наиболее востребованных бестраншейных технологий последнего десятилетия. Эта технология используется во многих странах мира благодаря возможности оперативного восстановления поврежденных напорных и безнапорных трубопроводов с минимальными материальными затратами, а также минимальным воздействием на окружающую среду.

Сущность спирально-навивочного метода заключается в том, что в поврежденном действующем трубопроводе путем спиральной навивки сматываемой с бобины бесконечной полимерной ленты заводского изготовления формируется обсадная труба высокой прочности. Процесс навивки бесконечной ленты штампованного ребристого профиля из поливинилхлорида (ПВХ) или полиэтилена высокой прочности производится специальной навивочной машиной, которая располагается вблизи люка смотрового колодца. Края ленты соединяются друг с другом, образуя сплошную водонепроницаемую конструкцию внутри восстанавливаемого трубопровода.

Для ремонта трубопровода спирально-навивочным методом используются четыре модификации: *SPR*, *SPR PE*, *SPR EX* и *SPR ST*. Рассмотрим характерные особенности каждой модификации технологий и последовательность операций по навивке, которая может осуществляться при частичном (до 40%) наполнении трубопровода жидкостью и скорости её течения до 5 м/с.

Модификация *SPR* предназначена для бестраншейного восстановления ветхих горизонтальных трубопроводов большого диаметра

(до 5000 мм), а также вертикальных конструкций (скважин). В данной технологии используются ленты из ПВХ со стальным уплотнением и замком, благодаря которому соединяющиеся концы профиля образуют герметичный механический затвор, способный противостоять мощным деформирующим силам. Образующиеся в старом трубопроводе обсадные трубы прошли тестирование на соответствие промышленным международным стандартам *ASTM F 1697-02* и *F 1741-02a* для профильных обсадных труб из ПВХ.

Процесс формирования обсадной трубы можно разделить на четыре этапа: осмотр (визуальный или телекамерами) и очистка восстанавливаемого участка трубопровода; реализация процесса навивки; установка крепежной системы; заливка жидким раствором кольцевого межтрубного пространства между старой и новой трубами.

Реализация процесса навивки заключается в подаче ленты через люк стартового колодца в навивочную машину, располагаемую в восстанавливаемом трубопроводе со стороны стартового колодца. Навивочная машина придает профилю из ПВХ необходимую форму и соединяет его концы, образуя тем самым новую герметичную трубу. Навивочный процесс длится до тех пор, пока обсадная труба не достигнет конца восстанавливаемого трубопровода. В ходе процесса навивочная машина может быть стационарной или передвижной по направлению к следующему (финишному) смотровому колодцу (рис. 1).

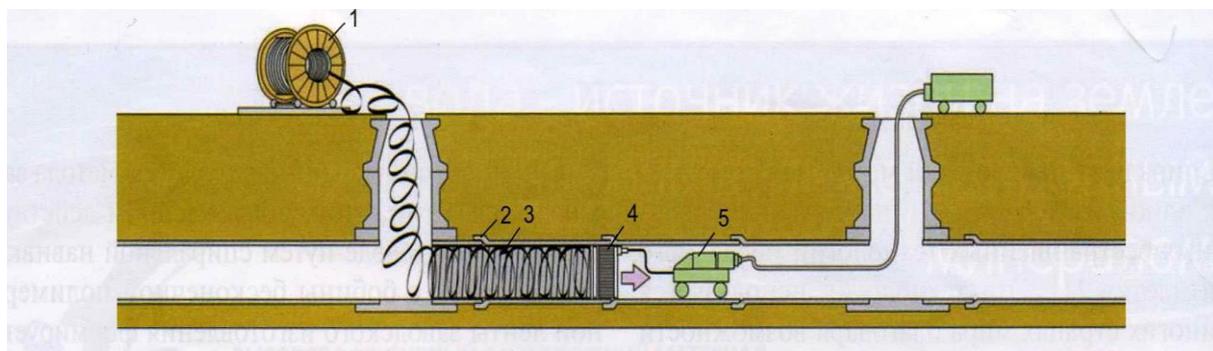


Рис. 1 Использование спирально-навивочной технологии при реновации водоотводящего трубопровода с помощью передвижной машины:

1 – бобина с бесконечной лентой; 2 – подлежащий реновации ветхий трубопровод; 3 – сформировавшаяся обсадная труба внутри ветхого трубопровода; 4 – самодвижущаяся навивочная машина; 5 – передвижное устройство для непрерывной подачи клеящей смолы в замковое устройство

По завершении процесса навивки устанавливается крепежная система, обеспечивающая стабильность конструкции в период заливки раствора в межтрубное пространство. Крепежный материал опускается в трубопровод через стандартные люки смотровых колодцев. Процесс заливки раствором разделяется на ввод связующего материала в кольцевое межтрубное пространство между существующей трубой и профилем ПВХ

и вулканизацию связующего раствора. Уникальная ребристая структура профиля способствует его эффективной фиксации в растворе.

Впоследствии вспомогательные элементы крепежной системы удаляются из колодцев, и отремонтированный трубопровод принимается в эксплуатацию.

В зависимости от условий на объекте можно использовать два метода навивки: с помощью «проталкивающей» или «самодвижущейся» гидравлической навивочной машины. Использование «проталкивающей» (стационарной) машины не требует присутствия человека. Машина размещается в смотровом колодце, и формирующаяся обсадная труба подается внутрь ремонтного участка старого трубопровода. При этом расположение машины остается стабильным. Процесс навивки с помощью «самодвижущейся» гидравлической навивочной машины требует присутствия человека для управления и подачи ленты. Машина, размещенная в смотровом колодце, постепенно перемещает вперед по восстанавливаемому трубопроводу, спирально навивает профиль, образуя за собой новый трубопровод меньшего диаметра (на 10-15 мм), чем восстанавливаемый. «Проталкивающая» машина способна обеспечить навивку труб круглого поперечного в диапазоне диаметров 200-1500 мм. «Проталкивающую» и «самодвижущуюся» машины можно разобрать для того, чтобы они могли пройти в люки колодцев. Скорость навивки зависит от диаметра восстанавливаемой трубы, конфигурации и степени её разрушения, а скорость подачи профиля в навивочную машину составляет 5-10 м/мин. «Самодвижущийся» метод навивки имеет два варианта: для труб соответственно круглого и некруглого сечений (овального, подковообразного и т.д.), обеспечивая ремонт трубопроводов диаметром более 550 мм.

К преимуществам технологии *SPR* относится оперативный ремонт труб (круглых, некруглых) большого диаметра (*DN* 800-5000мм) без образования стыков.

Модификация *SPR RE* позволяет восстановить прочность труб из кирпича, бетона, камня, стеклопластика или асбестоцемента диаметром 900 – 3000 мм и продлить срок их службы. Стальное уплотнение профиля придает навитой трубе высокую устойчивость для особых статических условий. В технологии используются профили из уплотненного полиэтилена высокой прочности (ПЭВП) и комбинированной стали, что позволяет восстановить стареющие трубы различных типов. Последовательность операций по технологии *SPR RE* практически не отличается от описанной выше технологии *SPR*. С её помощью восстанавливаются круглые трубы диаметром 900-3000 мм.

Модификация *SPR EX* позволяет создать самонесущую трубу, используемую для восстановления старых трубопроводов диаметром 150-1800 мм. Существенным отличием данной модификации является то, что после ремонта обсадная труба плотно прилегает к старой трубе.

Технология *SPR EX* специально разработана для сейсмоактивных областей, регионов с опусканием местности, мест свалок, поэтому обсадная труба обладает максимальной плотностью и устойчивостью к нагрузкам. Материал для труб – ПВХ приблизительно того же класса, что и новые трубопроводы. Данный материал выдерживает высокие температуры транспортируемой среды. Технология *SPR EX* позволяет производить монтаж двумя способами (варианты *S* и *L*).

По варианту *S* профиль *S*-ПВХ монтируется в старый трубопровод диаметром до 750 мм с минимальной потерей диаметра посредством местного расширения. Процесс длится до тех пор, пока обсадная труба, передвигающаяся из стартового колодца внутри старого трубопровода против течения водного потока, не достигнет финишного колодца. Так называемый процесс экспандирования (расширения) начинается после того, как производится стопорение торца обсадной трубы в финишном колодце и из замыкающего механизма обратным ходом бобины вытягивается специальная режущая нить, которая удаляет из профиля вторичный замыкающий механизм. Благодаря этому происходит увеличение диаметра обсадной трубы, т.е. распрямление. Таким образом, профиль новой трубы плотно прилегает к старому трубопроводу, и живое сечение практически не меняется.

Вариант *L* с профилем *L*-ПВХ используется для труб диаметром от 800 мм, когда обсадная труба при формировании с помощью продвигающейся вдоль трубопровода навивочной машины изначально плотно прилегает к внутренней поверхности старого трубопровода.

Модификация *SPR ST* позволяет восстанавливать трубопроводы диаметром 450-2500 мм из камня, бетона, асбестоцемента или стеклопластика. Для более высокой устойчивости кольца можно использовать профиль из ПВХ дополнительно со стальным профилем. Благодаря этому обсадная труба приобретает максимальную устойчивость при минимальной потере диаметра. Существуют различные комбинации из ПВХ и стали для различных статических условий и классов стареющих труб. Заводское исполнение профиля гарантирует постоянство толщины стенки и характерных свойств материала.

Одним из наиболее важных преимуществ описанных выше навивочных технологий является то, что новая трубная конструкция после ремонта обладает устойчивостью к землетрясениям. Технологии обеспечивают получение достаточно гибкой трубы, которая не получает повреждения даже в том случае, если основной трубопровод неравномерно оседает во время землетрясения. При этом новая составная труба сохраняет структурную целостность и герметичность старого трубопровода.

#### Выводы

1. Преимущества спирально-навивочной бестраншейной технологии реновации трубопроводов: оперативность восстановления

трубопроводов в широком диапазоне диаметров и протяженности ремонтных участков; незначительное изменение живого сечения восстанавливаемого трубопровода; возможность проведения ремонтных работ при наличии течения жидкости в трубах; отсутствие сварочных работ на объекте строительства и т.д.

2. Диапазон технических возможностей отдельных модификаций спирально-навивочной технологии для реновации трубопроводов различного поперечного сечения, материала изготовления и диаметров является базовой информацией для строителей и проектировщиков, решающих вопросы выбора оптимальных методов бестраншейного восстановления ветхих трубопроводов систем водоотведения.

УДК 728 (470.34-25)

Н.Н. Ваганова

### **Модернизация, как непрерывный процесс-залог стабильной работы канализационных очистных сооружений**

Первые канализационные очистные сооружения были сданы в эксплуатацию в 1952 году. С тех пор было построено несколько отдельных очередей канализационных очистных сооружений. Последняя, третья очередь сооружений, строилась на перспективу как дополнительный комплекс к уже имеющимся сооружениям. Предполагалось одновременное использование двух очередей общей производительностью 75000 м<sup>3</sup>/сут. Однако, в реальности, количество стоков не увеличилось, а сократилось. Поэтому, после сдачи в эксплуатацию в 1998 году сооружений третьей очереди, в работе оставили сооружения третьей очереди и часть сооружений от предыдущих очередей. Проектная производительность третьей очереди сооружений составляет 40000 м<sup>3</sup>/сут. Технологические параметры третьей очереди очистных сооружений были рассчитаны в соответствии с требованиями СНиП II-32-74 «Канализация. Наружные сети и сооружения» и запроектированы по схеме полной биологической очистки на аэротенках, с доочисткой на зернистых фильтрах с восходящим потоком воды, последующим хлорированием биологически очищенных сточных вод. Проектом также были предусмотрены аэробная стабилизация осадка, механическое обезвоживание и термическая сушка в сушильной установке СВС-3,5/5,0 (работающей по методу встречных струй). Однако, доочистка сточной воды и термическая сушка осадка так и не были реализованы. Сброс обеззараженных биологически очищенных сточных вод осуществляется в р. Сатис, водоём рыбохозяйственного назначения второй категории, входящий в бассейн р. Оки.

В 1998 году в эксплуатацию были приняты: здание решёток с тремя решётками МГ-16, ленточным транспортёром для подачи снятых с решёток грубых отбросов в контейнер, четыре горизонтальные песколовки

с круговым движением воды, бункер песка с двумя гидроциклонами и накопительными бункерами, четыре первичных радиальных отстойника, насосная станция сырого осадка, четыре трёхкоридорных аэротенка, четыре вторичных радиальных отстойника, контактный резервуар, два радиальных илоуплотнителя, насосно-воздуходувная станция, две секции аэробного стабилизатора, сблокированные с осадкоуплотнителями, цех механического обезвоживания с центрифугами ОГШ-631.

От предыдущих очередей в эксплуатации были оставлены хлораторная, земляные иловые площадки, бетонные иловые площадки-уплотнители. Однако, в связи с тем, что на момент сдачи в эксплуатацию третьей очереди земляные иловые площадки и бетонные иловые площадки-уплотнители работали только как накопители и заполнение их осадком составляло примерно 80%, был построен полигон временного хранения обезвоженного осадка, рассчитанный на 18 лет.

В течении 16 лет с момента сдачи сооружений в эксплуатацию была проведена огромная работа по выявлению и устранению причин неэффективной очистки сточных вод, внедрению мероприятий по интенсификации работы сооружений, проведена реконструкция отдельных звеньев очистки в рамках существующей технологической схемы. Удалось добиться снижения электропотребления примерно на 20%, существенного улучшения качества очищенной сточной воды по отношению к проектным показателям (табл. 1).

Таблица 1

Проектные и фактические показатели качества поступающей и очищенной сточной воды

№ п/п	Наименование показателя	Единицы измерения	Проект		Факт 2013г.		Утверждённый НДС
			ВХОД	ВЫХОД	ВХОД	ВЫХОД	
1.	Температура	С	19	20	18,8	18,3	<28
2.	Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	150	15	114	5,3	5,29
3.	БПК <sub>20</sub>	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	150	15	180	4,5	3,0
4.	ХПК	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	370	40	270	<30	30
5.	Растворённый кислород	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	----	6		8,7	> 4
6.	Азот аммония/аммоний-ион	мг/дм <sup>3</sup>	15	0,5	27/ 35	0,97/ 1,26	/ 0,5
7.	Азот нитратов/нитрат-анион	мг/дм <sup>3</sup>	Следы	12	0,07/ 0,3	9/ 40	/ 40
8.	Азот нитритов/нитрит-анион	мг/дм <sup>3</sup>	Следы	0,1	0,012/ 0,04	0,16/ 0,52	/ 0,08
9.	Фосфаты	мг/дм <sup>3</sup>	5	1	2,4	2,8	0,2
10.	СПАВ	мг/дм <sup>3</sup>	15	1,5	2,2	<0,25	0,25
11.	Железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	1	0,2	0,1	0,1	0,1
12.	Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	50	45	31	38	300
13.	Сульфаты	мг/дм <sup>3</sup>	150	60	35	29	
14.	Плотный остаток	мг/дм <sup>3</sup>	500	400	330	350	1000
15.	Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	0,001	0,001	0,5	0,035	0,05

*Линия очистки воды.* Для увеличения эффективности очистки сточной воды от грубых отбросов, снижения износа оборудования и засорения трубопроводов, снижения влажности отбросов решётки МГ-16 [1] были заменены на комплекс, работающий в автоматическом режиме: три решётки с шириной прозоров 5 мм, винтовой транспортёр и отжимной пресс («ЭКОТОН»). Но, в связи с отсутствием решёток грубой очистки, решётки тонкой очистки стали быстро выходить из строя: в нижней части решёток происходил ускоренный износ движущих частей, аварийное продавливание фильтровальных пластин крупноразмерными, массивными предметами, отрыв самих пластин [1].

Для откачки сырого осадка вместо плунжерных насосов НП-28 установили мацераторы и винтовые насосы. Производительность насосов регулируется с помощью частотного преобразователя. В процессе эксплуатации было выявлено, что для стабильной работы этого комплекса необходима более эффективная очистка сточной воды от грубых и волокнистых включений на стадии решёток: волокнистые включения, проскочившие через решётки, наматываются на ножи мацераторов, а винтовые насосы не способны перекачать осадок, содержащий волокнистые включения.

В аэротенках система аэрации на базе фильтросных пластин, ещё на стадии сдачи в эксплуатацию, была заменена на систему аэрации на базе мелкопузырчатых трубчатых аэраторов АКВА-ПРО-М («ЭКОПОЛИМЕР»), раскладка аэраторов оставлена пристенная. С 2012 года производится замена трубчатых аэраторов на мелкопузырчатые мембранные аэраторы АКВА-ТОР («ЭКОПОЛИМЕР»). Для достижения эффекта наибольшего перемешивания и равномерной аэрации применена равномерная раскладка аэраторов по дну аэротенка [2]. Для снижения потерь воздуха демонтированы трубы Вентури. Замеры расхода воздуха и давления временно производятся переносным прибором.

Для исключения пробуксовки в зимнее время илососов беговые дорожки вторичных радиальных отстойников накрыли сталью рифлёной.

Обеззараживание сжиженным хлором заменили на дезинфекцию с помощью низко концентрированного гипохлорита натрия, получаемого на очистных сооружениях путём электролиза раствора поваренной соли. При проведении реконструкции проектировщиками не были учтены следующие моменты:

- жёсткость воды: питьевая вода, используемая для процесса электролиза является водой со средней жёсткостью и, следовательно, необходимо её умягчение (установка умягчения воды не была предусмотрена проектом, что приводило к быстрому зарастанию пластин (электродов), частой промывке пакетов электродов). Результатом явилось быстрое (в течение 6 месяцев эксплуатации) смывание специального напыления на электродах и выход из работы самих электролизёров;

- удалённость расположения установки от точки ввода хлорсодержащего реагента ( $\approx 300$  м) привела к быстрому зарастанию трубопроводов солями жёсткости и выводу их из работоспособного состояния. Были проложены гибкие трубопроводы наружной прокладкой, но это не решило проблему окончательно.

*Линия обработки осадка.* От проектной схемы обработки осадка, отдельного обезвоживания (центрифугирования) сырого осадка и уплотнённого минерализованного избыточного ила без применения реагентов отказались.

Для упрощения процесса обезвоживания и устранения запаха был получен единый вид осадка в результате аэробной стабилизации неуплотнённого активного ила и сырого осадка [3]. Отстойные зоны в стабилизаторе демонтировали в связи с неэффективностью их работы. Трубчатые мелкопузырчатые аэраторы заменили на мембранные аэраторы с эффектом эрлифта АКВА-ТОР, при этом удельный расход воздуха снизился с  $1\text{ м}^3/\text{ч}$  на  $1\text{ м}^3$  объёма стабилизатора [4] до  $0,6\text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}^3$  при влажности аэрируемого осадка 98,8-99%. Для обеспечения циклической работы оборудования по обезвоживанию осадка в осадкоуплотнителях аэробного стабилизатора смонтировали крупнопузырчатую систему аэрации: при плановой или аварийной остановке более чем на 4 часа в осадкоуплотнителе включается аэрация и исключается загнивание осадка. Для снижения износа оборудования и засорения трубопроводов, улучшения качества минерализованного осадка сырой осадок перед подачей в аэробный стабилизатор фильтруется через ступенчатые решётки с шириной прозора 1-2 мм («Риотэк»). В аэробный стабилизатор направили жиры, уловленные в первичных отстойниках, снизив, тем самым, нагрузку на иловые площадки, находящиеся в аварийном состоянии. Вместо центрифуг ОГШ-631 установили комплекс для механического обезвоживания осадка: гравитационный стол для предварительного сгущения осадка, фильтр-пресс для обезвоживания осадка, установку по автоматическому дозированию флокулянта («ДАКТ-инжиниринг»), заменили центробежные насосы подачи осадка на обезвоживание на винтовые, регулируемые насосы. Данная реконструкция позволила снизить потребление электроэнергии на 75 кВт/час. Однако, так и осталась нерешённой проблема подсушивания осадка на полигоне и получения осадка, готового к утилизации.

Реконструкция отдельных звеньев канализационных очистных сооружений дала определённые результаты, позволившие улучшить очистку сточной воды и снизить потребление электроэнергии, однако, для достижения требуемого, современного уровня очистки необходимо применение новых технологий. При этом, учитывая сложность поставленной задачи необходим комплексный подход, включающий: 1) проведение технического и технологического обследования очистных сооружений; 2) выполнение технических и технологических поверочных

расчётов; 3) разработку рекомендаций по реконструкции сооружений с максимальным использованием существующих емкостей и строений с применением современных технологий очистки сточных вод, пригодных для конкретного объекта; 4) технико-экономическое и экологическое обоснование принятых решений; 5) проектирование и утверждение проектных решений; 6) реализацию мероприятий по реконструкции [5].

#### Литература

1. Яковлев, С.В. Водоотведение и очистка сточных вод / С.В. Яковлев, Ю.В. Воронов – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 187 с.
2. Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н.С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 102 с.
3. Туровский, И.С. Обработка осадков сточных вод / И.С. Туровский. – М.: Стройиздат, 2008. – 97 с.
4. Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.03-85: утв. Госстроем СССР 21.05.85: взамен СНиП II-32-74: дата введ. 01.01.86 – М.: ФГУП ЦПП, 2006. – 67 с.
5. Гогина, Е.С. Методологический подход к решению вопросов реконструкции очистных сооружений / Е.С. Гогина, В.П. Саломеев, О.А. Ружицкая, Ю.П. Побегайло, Н.А. Макиша // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – № 6. – С.33-37.

УДК 628.1 (470.341-25)

Р.В. Васильев

#### **Создание автоматизированного узла учета расхода воды на водопроводной станции (ВС) «Автозаводская»**

Система диспетчеризации позволяет автоматизировать процесс сбора и учета информации со счетчиков-расходомеров водоводов, что позволяет эффективно вести хозяйственную деятельность, оперативно реагировать на утечки и другие нарушения работы системы.

ВС «Автозаводская» обеспечивает обеспечение хозяйственно-бытовыми водами жилые и общественные здания и учреждения, а также промышленные предприятия Нижнего Новгорода.

Узел учёта расхода воды является коммерческим и предназначен для взаимных финансовых расчётов между ОАО «Нижегородский Водоканал» и ЗАО «Заводские сети» за приобретение воды у ЗАО «Заводские сети». Расчёты осуществляются на основании показаний приборов учёта и контроля параметров, выполняющих измерение, накопление, хранение и отображение информации об объёмном расходе.

Изначально передача данных была организована следующим образом: данные со счетчиков-расходомеров передавались через интегратор сети по интерфейсу RS-485 на автоматизированное рабочее место оператора (АРМ) ВС Автозаводская, далее оператор распечатывал полученную информацию и передавал ее по факсу в центральную диспетчерскую службу ОАО «Нижегородский водоканал» и на ВС «Ново-сормовская».

В связи с оптимизацией персонала и рабочих мест, а также необходимостью сокращения издержек на сбор и передачу данных, возникла необходимость организации автоматизированной системы передачи данных с существующих расходомеров ВС Автозаводская на АРМ оператора ВС Ново-сормовская.

В состав работ вошли:

- разработка проектной документации;
- механический монтаж оборудования и контрольно-измерительных приборов;
- комплексная наладка оборудования сбора, обработки и хранения информации. Проведение автономной наладки приборов, настройки конфигурации прибора, загрузка информации в базу данных и проверка системы ее ведения;
- сдача автоматизированного узла учёта в опытную эксплуатацию.

После предпроектного обследования узла учета ВС Автозаводская было выбрано программное обеспечение и оборудование производства «ТБН энергосервис»:

- контроллер сбора и передачи данных КСПД-5;
- интегратор сети ИСГз-1/4;
- комплекс программ «ГИС Лайт».

Контроллер КСПД-5 предназначен для эксплуатации в круглосуточном непрерывном режиме. Подключение к приборам учета было осуществлено по интерфейсу RS-485 через интегратор сети ИСГз-1/4, к диспетчерскому компьютеру — через модуль GSM\GPRS-модема в режиме «сервера» (в КСПД-5 была установлена SIM-карта со статическим IP-адресом).

Выбранный способ передачи данных был обусловлен отсутствием возможности подключения к локальной сети ОАО «Нижегородский водоканал» и к глобальной сети Internet. Преимуществом данного способа является возможность организовать удаленный доступ с любого компьютера при наличии на нем соответствующих прав пользователя и сети Internet.

В ходе работ возникли проблемы при передаче данных с одного из расходомеров, связанные с большой длиной линии связи. Для решения данной проблемы в схему был добавлен дополнительный интегратор сети, с помощью которого была осуществлена гальваническая развязка на канале, что положительно повлияло на качество сигнала.

Вывод информации осуществляется в диспетчерский пункт ВС Ново-сормовская. На АРМе оператора установлена соответствующая программа сбора и обработки данных (ГисЛайт) (рис. 1).

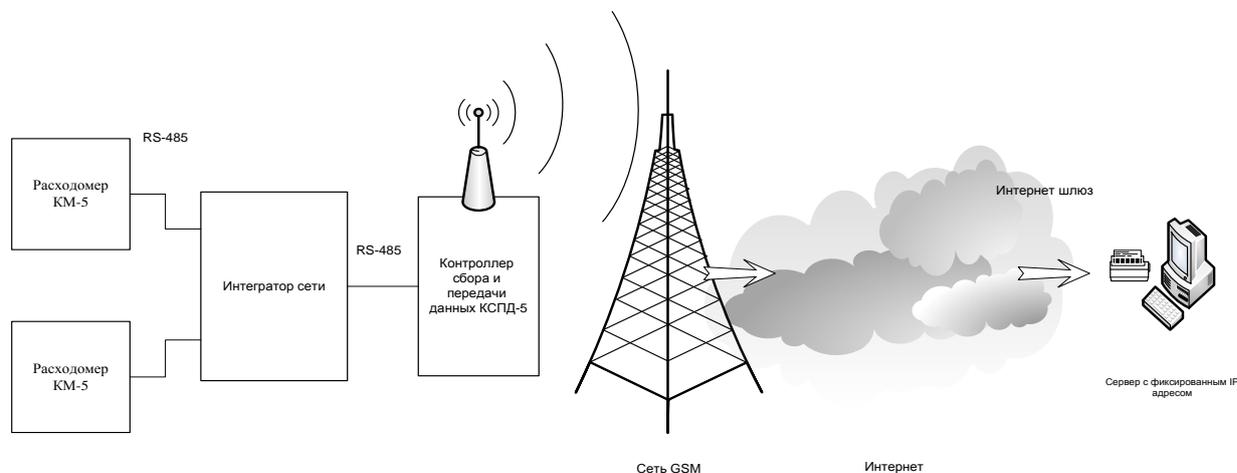


Рис. 1. Структурная схема системы диспетчеризации

В результате данной работы была организована удаленная передача данных не только на АРМ ВС Ново-сормовская, но и удаленный доступ к расходомерам с любого компьютера при наличии на нем интернета и соответствующих прав доступа.

УДК 69.058.5

Ю.А. Грязнова

### **Специализированный малогабаритный интерферометр для измерения остаточных напряжений**

В настоящее время сложные задачи, поставленные на этапе проектирования, оставляют свой отпечаток и в области обследования зданий и сооружений. Дерево заменялось кирпичом, кирпич заменялся железобетоном, тенденция современности диктует облегченные металлоконструкции, в основу которых положены элементы с сечением сложной формы, экономическая ситуация в мире диктует, в свою очередь тенденцию к снижению себестоимости материалов, а общество – тенденцию к красоте и эстетичности.

Сталь – пластичный материал, позволяющий удовлетворить потребности всех участников строительства. Материал позволяет делать конструкции различных сечений и форм. За основу берутся трубы, для получения желаемой формы их изгибают. Однако при этом в изгибе образуются значительные остаточные напряжения. В заводских условиях

проверить остаточные напряжения в растянутой и сжатой зонах не представляет собой особой сложности. Но в дальнейшем в процессе обследования конструкций это является сложной задачей.

Одной из последних разработок в области определения остаточных напряжений является специализированный малогабаритный интерферометр.

Помимо стационарных интерферометров известны также различные варианты малогабаритных установок для регистрации полей перемещений на поверхности объектов, основанные на использовании методов когерентной оптики. Некоторые из промышленно выпускаемых портативных интерферометров носят универсальный характер. Вместе с тем, ряд разработок носит целенаправленный характер: для определения остаточных напряжений способом сверления отверстий-индикаторов в полевых условиях. Однако большинство из них позволяют измерять в зоне отверстия только поле нормальных перемещений, что является их заметным недостатком. Кроме того, в этих установках не предусмотрены специальные средства для определения направлений перемещений. В этом отношении представляет интерес специализированный мобильный спекл-интерферометр. В качестве источника когерентного излучения в созданной установке используется малогабаритный твердотельный лазерный модуль LCM-S-111 с диодной накачкой. (Разработка и производство компании «Лазер-Компакт»; Россия, Москва). Длина волны непрерывного излучения составляет 532 нм при мощности генерируемого пучка 20 мВт. (Длина когерентности 50 м). Для регистрации изображений со спекл-структурой используется малогабаритная цифровая видеокамера «ВИДЕОСКАН-415-USB». (Разработка: НПК «Видеоскан», Россия, Москва). Светочувствительным элементом камеры является монохромная ПЗС-матрица SONY ICX15 FL с разрешением 782×582 пикселя. Размер пикселя 8,2×8,2 мкм. Размер матрицы 6,5×4.83 мм. Видеокамера оснащена объективом AVENIR CCTV LENS (50 mm, F 1.8).

Все элементы спекл-интерферометра закреплены в корпусе, состоящем из базовой стальной плиты и алюминиевых надстроек, образующих в совокупности жесткую объемную конструкцию. Взаимно ортогональные концевые зеркала в каждой из ветвей оптической схемы на едином выносном кронштейне. Такая компоновка позволяет проводить исследование объектов с заметной отрицательной кривизной поверхности. После начальной юстировки оптической схемы все ее элементы (за исключением подвижных стеклянных пластинок) жестко фиксируются и не требуют дополнительной подстройки. Аналогично, на объективе видеокамеры изначально устанавливаются и фиксируются требуемые

значения диафрагмы и длины фокусировки. Последняя предполагает размещение исследуемого объекта на расстоянии 3 мм от передней кромки выносного кронштейна. Введение в тракт пучков стеклянных пластинок осуществляется в одной из ветвей схемы поворотным механизмом, в другой – трансляционным. (Различие в конструктивных решениях вызваны требованием компактности установки, однако при дальнейшем ее совершенствовании возможен переход к единообразию указанных средств). В различных конкретных случаях подбирается свой, наиболее эффективный способ фиксации установки относительно объекта исследования. К рекомендуемым средствам можно отнести специальные стойки-опоры, магнитные держатели, тросы с механизмами натяжения и т.п. При использовании установки для исследования напряжений она комплектуется приспособлением для засверловки отверстий-индикаторов. Данное приспособление включает угловую насадку (PROXXONWS 90 серии МИКРОМОТ) с патроном под сверло, соединенную посредством гибкого вала с находящейся на удалении ручной сверлильной машиной (электродрелью). Насадка закреплена на направляющих для ее подачи при сверлении. Глубина сверления контролируется индикатором перемещений часового типа. В рабочем положении угловая насадка располагается в пространстве между концевой частью выносного кронштейна установки и поворотным зеркалом перед видеокамерой. Перемещение сверлильного приспособления и его закрепление в рабочем положении осуществляется вручную. Как вариант, описанное приспособление может располагаться на двухкоординатных направляющих, дополнительно обеспечивающих ее движение параллельно поверхности объекта для ввода в рабочую зону и вывода из нее. При этом данная конструкция крепится непосредственно к установке через вибропоглощающую прокладку. Такое решение облегчает эксплуатацию установки при проведении исследований в труднодоступных частях конструкций. На рисунке 1 демонстрируются различные моменты эксплуатации установки.

Эффективность работы (как с использованием стационарного интерферометра, так и переносной установки) во многом определяется специально созданным программным обеспечением. Для обработки интерференционных картин полос, получаемых в процессе эксперимента по исследованию ОН, с целью вычисления значений остаточных напряжений была составлена специализированная программа, позволяющая в интерактивном режиме расставлять точки на обрабатываемых картинах, таким образом описывая поля перемещений в цифровом формате. Интерфейс программы демонстрируется на рисунке 2.

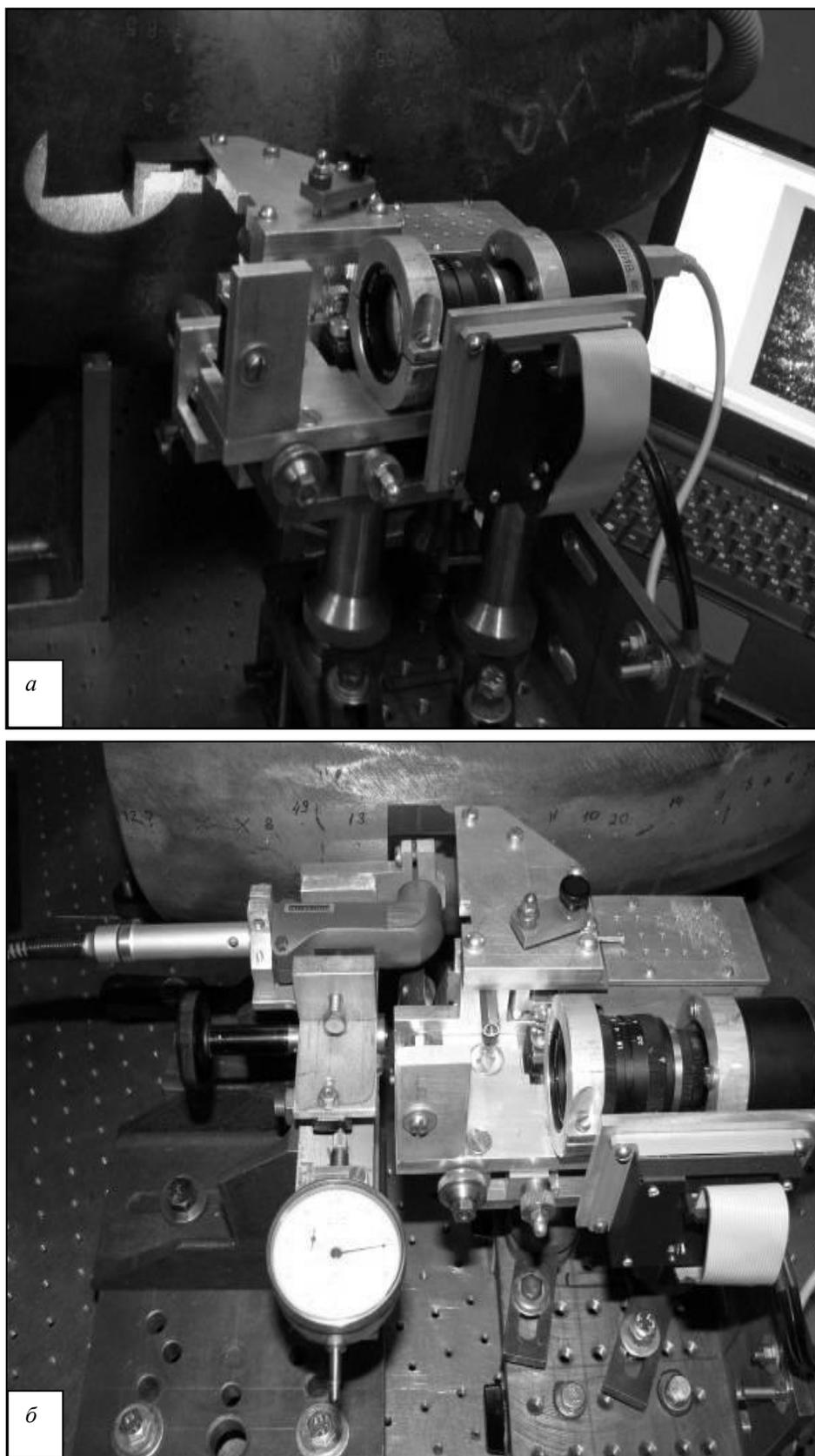
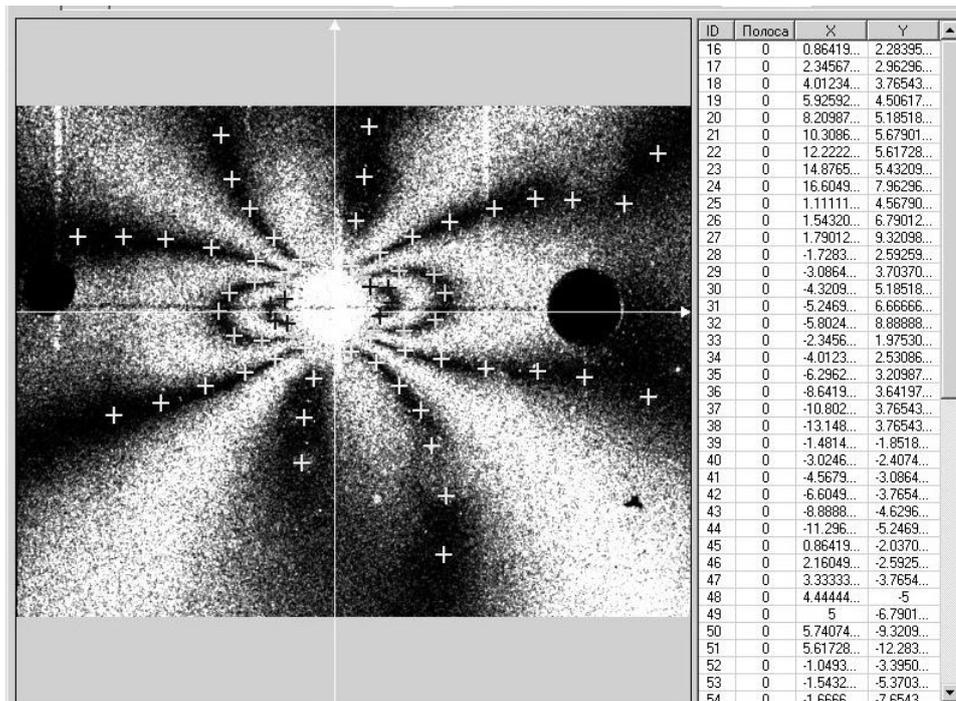
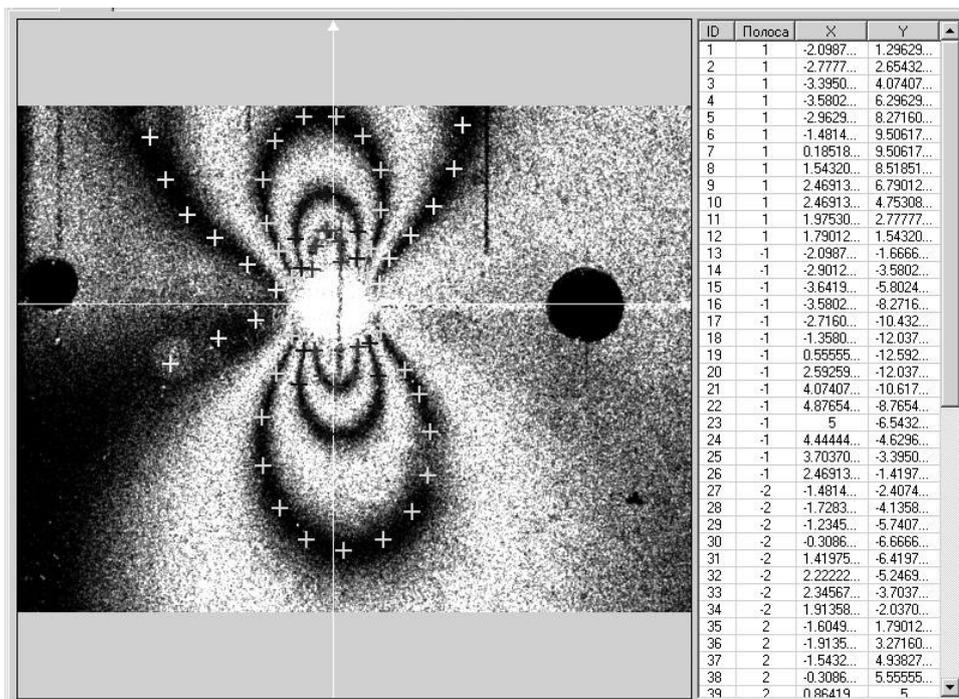


Рис. 1. Положение установки в процессе определения остаточных напряжений  
а – регистрация изображений со спекл-структурой (текущего механического состояния  
объекта в зоне измерения); б – засверловка отверстия-индикатора



a



б

Рис. 2. Интерфейс программы для обработки данных эксперимента: оцифровка полей горизонтальных (а) и вертикальных (б) перемещений

### Литература

1. Апальков, А. А. Интерпретация картин полос при измерении остаточных напряжений с использованием электронной спекл-

интерферометрии [Текст] / А. А. Апальков, И. Н. Одинцев, И. А. Разумовский // Заводская лаборатория. – 2002. – №5. – С. 39-41.

2. Разумовский, И. А. Методы исследования остаточных напряжений [Текст] / И. А. Разумовский, С. М. Хвостов // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2003. – № 3. – С. 39-44.

3. Разумовский, И. А. Методология исследования остаточных напряжений в биметаллических обечайках корпусов [Текст] / И. А. Разумовский, С. М. Хвостов // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Обеспечение безопасности АЭС : науч.-техн. сборник. – 2010. – Вып. 14. – С. 155-162.

4. Разумовский, И. А. Экспериментально-расчётный метод исследования остаточных напряжений в двухслойных элементах конструкций способом сверления отверстия [Текст] / И. А. Разумовский, А. С. Чернятин // Проблемы машиностроения и надёжности машин. – 2011. – № 4. – С. 101–109.

УДК 628.1 (470.341-25)

Д.Е. Данилов

### **Технологии очистки природных вод с использованием модифицированных окислителей**

Обеззараживанием воды называется процесс уничтожения находящихся там микроорганизмов. До 98 % бактерий задерживается в процессе очистки воды. Но среди оставшихся бактерий, а также среди вирусов могут находиться патогенные (болезнетворные) микробы, для уничтожения которых нужна специальная обработка воды. При полной очистке поверхностных вод обеззараживание необходимо всегда, при использовании подземных вод только тогда, когда микробиологические свойства исходной воды этого требуют. Для профилактического обеззараживания и обработки воды в аварийных ситуациях сооружения обеззараживания необходимы на всех станциях подготовки хозяйственно-питьевых вод.

Для обеззараживания используют в основном два метода: обработку воды сильными окислителями и воздействие на воду ультрафиолетовыми лучами. Для очистки поверхностных вод почти исключительно применяют окислители – хлор, хлорсодержащие реагенты, озон; для обеззараживания подземных вод можно использовать бактерицидные установки; для обеззараживания небольших порций воды - перманганат калия, перекись водорода.

При подаче в воду окислителей большая часть ее израсходуется на окисление органических и некоторых минеральных веществ. В результате снижаются цветность воды, а также интенсивность привкусов и запахов,

эффективнее будет проходить процесс последующей коагуляции примесей. Скорость процесса обеззараживания растет с повышением температуры воды с переходом реагента в недиссоциированную форму. Взвешенные вещества оказывают отрицательное воздействие, поскольку препятствуют контакту микробов с реагентом.

Если окислитель используется только для обеззараживания, то он подается в воду перед резервуаром чистой воды, где обеспечивается и необходимое время контакта; если цель обработки – окисление органических веществ, то реагент подается в воду перед очистными сооружениями.

В природной воде под действием растворенного кислорода воздуха двухвалентные ионы железа и марганца окисляются в практически нерастворимые соединения. После окисления значительная часть нерастворимых соединений железа и марганца образуют достаточно устойчивые к осаждению коллоиды и суспензии желтого или желто-коричневого цвета. В поверхностных водах, кроме того, соединения этих металлов зачастую стабилизируются в виде комплексных соединений, где в качестве лигандов (молекул, окружающих ион-ядро и связанных с ним координационными связями) выступают высокомолекулярные органические примеси, например, гуминовые и фульвокислоты – вещества, вымываемые из почв. Эти органические комплексы трудно и медленно удаляются при обычной реагентной обработке воды окислителями и коагулянтами. Особую трудность представляет удаление соединений марганца из воды. Скорость окисления двухвалентного марганца в значительной степени зависит от pH воды. При  $\text{pH} < 8$  без катализатора окисления двухвалентного марганца практически не происходит. Для деманганации воды в водоподготовке в качестве окислителя широко применяется перманганат калия. Деманганация воды перманганатом калия основана на его способности окислять марганец (II) с образованием малорастворимого диоксида марганца.

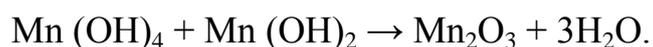
Важным аспектом применения перманганата калия для очистки воды от марганца является образование дисперсного осадка диоксида марганца –  $\text{MnO}_2$ , который, имея большую удельную поверхность, порядка 300 м<sup>2</sup>/г, является эффективным сорбентом и обладает каталитическими свойствами по отношению к процессу окисления ионов железа (II) и марганца (II) кислородом воздуха.

Применение перманганата калия, сильного окислителя, позволяет разрушить металлорганические комплексы с дальнейшим окислением двухвалентных ионов марганца, железа и коагуляцией продуктов окисления.

Добавление перманганата калия в воду интенсифицирует процесс коагуляции, поэтому на фильтровальных комплексах очистки воды из поверхностных источников раствор перманганата калия вводится в воду до коагулирования в смеситель или на насосной станции I подъема.

Однако введение перманганата калия в воду с высоким содержанием органических веществ до коагуляции, осветления и фильтрования связано с большим расходом дорогостоящего реагента на окисление органики, что экономически нецелесообразно. Следует отметить, что повышение содержания трудноудаляемого марганца в речной воде носит сезонный характер и отмечается в предпаводковый период, когда создаются условия для перехода марганца из донных отложений в воду в виде органолигандных комплексов. Однако применение дополнительных реагентов, активизирующих процесс окисления органических веществ, железа и марганца в поверхностной воде, значительно удорожает стоимость ее очистки для питьевого водоснабжения. Поэтому при новом строительстве для станций малой производительности целесообразно использование фильтров с модифицированными загрузками вместо сорбционных фильтров или в дополнение к ним.

Установлено, что предварительно осажденные на поверхности зерен фильтрующей загрузки оксиды марганца оказывают каталитическое влияние на процесс окисления ионов железа (II) и марганца (II) кислородом воздуха. При фильтровании воды, содержащей марганец, через песчаную загрузку по прошествии некоторого времени на поверхности зерен песка образуется слой, состоящий из отрицательно заряженного осадка гидроксида марганца  $Mn(OH)_4$ , который адсорбирует положительно заряженные ионы марганца(II). Гидролизуясь, эти ионы реагируют с осадком  $Mn(OH)_4$ , образуя хорошо окисляемый оксид  $Mn_2O_3$ , часто рассматриваемый как смешанный оксид  $MnO-MnO_2$  и являющийся катализатором окисления ионов железа, марганца и других тяжелых металлов:



Использование этого свойства оксидов марганца дало возможность применить в практике кондиционирования воды метод ее фильтрования через песок, зерна которого предварительно покрыты пленкой оксида марганца (так называемый «черный песок»). При использовании такой загрузки фильтров окисление марганца растворенным в воде кислородом воздуха возможно осуществить при значениях рН, значительно меньших, чем обычно ( $pH \leq 7,5$ ).

Однако метод фильтрования воды через загрузку с применением в качестве реагента-восстановителя хлорида марганца имеет недостаток, заключающийся в постепенном измельчении частиц, образующих покрытие зерен загрузки, и проскоке их в фильтрат. Другим недостатком деманганации фильтрованием через такой «черный песок» является значительный расход перманганата калия.

Для исключения указанных недостатков разработан метод получения «черного песка» и деманганации воды фильтрованием через модифицированную загрузку, приготавливаемую последовательным

пропуском снизу вверх через кварцевый песок растворов железного купороса и перманганата калия. Использование данного способа позволяет получить экономию дорогостоящего марганцовокислого калия. Образовавшаяся на поверхности зерен фильтрующей загрузки высокоактивная пленка, состоящая из оксидов железа и марганца, способствует окислению железа и марганца в воде.

Известен также способ получения каталитически активного зернистого фильтрующего материала МФО-47, включающий модификацию природного материала – дробленой и сортированной горелой породы раствором марганцовокислого калия, а затем вторым реагентом – сульфитом натрия и последующую сушку, который способствует образованию на поверхности носителя оксидов марганца.

Общим недостатком приведенных способов модификации является получение оксидных соединений марганца на поверхности зерен фильтрующего материала без его подсушивания после пропитки раствором марганцовокислого калия и после пропитки вторым реагентом – сульфитом натрия при температурах, достаточных для образования прочных химических связей между образующимися оксидами и поверхностями зерен загрузки. Образованная активная пленка оксидов железа и марганца держится в основном за счет адгезионных свойств поверхности зерен материала-носителя. В результате при промывках загрузки происходит смыв оксидной пленки с поверхности зерен фильтрующего материала, что исключает возможность последующей регенерации и требует проведения практически полных повторных их модификаций после обратных промывок для восстановления каталитических свойств загрузки, что увеличивает эксплуатационные затраты.

В нашей стране и за рубежом широко применяются импортные фильтрующие материалы для удаления железа и марганца, известные под торговыми названиями Birm Fine, Manganese Greensand, МТМ. Все эти загрузки работают по принципу каталитического окисления на марганецсодержащих фильтрующих насадках. Эти материалы позволяют осуществлять их периодическую обратную промывку и, если требуется, последующую регенерацию раствором  $\text{KMnO}_4$  без проведения повторных модификаций, обеспечивая длительный срок непрерывной службы. Основным недостатком этих материалов является их высокая стоимость.

Каталитически активный гранулированный фильтрующий материал МЖФ (компания «Альянс-Нева», г. Санкт-Петербург) получается путем дробления, классификации, отжига доломита и последующей его обработки раствором двухвалентного марганца. Материал обладает сорбционной способностью и очищает воду от железа и марганца. Однако получаемый данным способом материал составляет низкую механическую прочность (истираемость более 0,5 %), что снижает его долговечность.

Большие перспективы имеет фильтрующий материал «Сорбент АС» (российский аналог «Бирм»). Сорбент АС – каталитический алюмосиликатный полифункциональный сорбент нового поколения. Он предназначен преимущественно для удаления железа. Сорбент не обрабатывается дополнительно какими-либо химическими веществами для создания активной плёнки на поверхности зёрен песка на основе марганца или иного каталитически активного металла, что исключает вероятность отказа в работе материала при истощении или смыве данной пленки. Каталитически активные компоненты входят в структуру гранулы сорбента. Это одно из принципиальнейших отличий сорбента от загрузок типа «Бирм», «Зеленый песок», «МЖФ», «черных песков» и т.п. Недостатком данного материала является его преимущественная очистка воды от железа. Эффективность очистки от марганца и других примесей до питьевых норм требует проведения дополнительных исследований. Кроме того, стоимость данного фильтрующего материала, хотя и не превышает стоимости загрузки Бирма, но все же остается высокой.

Имеются перспективы в отношении новых модифицированных фильтрующих материалов, разработанных в последние годы в Институте горного дела СО РАН, – брусита и марганцевых руд. Однако в процессе длительной эксплуатации фильтра, загруженного песком брусита, было установлено, что происходит цементация загрузки в воде карбонатного класса за счет образования карбонатов магния на поверхности зерен брусита, устраняемая по мере необходимости профилактической обработкой загрузки слабым раствором соляной кислоты с последующим ее ополаскиванием чистой водой. Следует отметить, что данные по использованию природных модифицированных сорбентов для обезжелезивания и деманганации воды пока носят пионерный характер и требуют решения вопросов доставки сырья, промышленного изготовления и сертификации фильтрующего материала.

УДК 624.014.2

А. С. Данилюк

### **Анализ напряженнодеформированного состояния узлов сопряжения балок со стойками стеллажей**

В статье приведены результаты численного исследования НДС узлов сопряжений несущих балок со стойками на зубчатых фиксаторах, в соответствии с рисунком 1.

Наиболее удобным решением для создания пространственной 3D модели конструкции было использование программы Компас-3D. 3D модель узла представляет собой контактное соединение горизонтальных балок с колонной: на торцах горизонтальных балок жестко приварены пластины с зацепами в форме зубьев, при помощи которых они крепятся к

стойке через отверстия. Стойка колонны – незамкнутый гнутый металлический перфорированный профиль, с шагом перфорации 50 мм. Созданная в нем 3D модель была импортирована в расчетный модуль программного комплекса SolidWorks 2014 (SP 3.0) непосредственно для расчета.

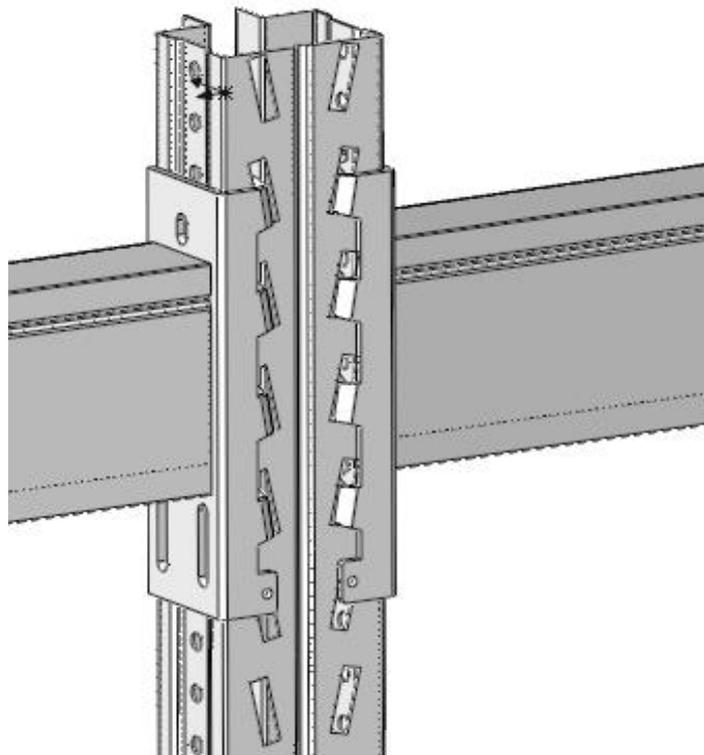


Рис. 1. Узел сопряжения балок со стойкой на зубчатых фиксаторах

Все конечные элементы узла, крепления балки к колонне по принципу заклинивания, смоделированы из объемных элементов, имеющих толщину, идентичную реальной конструкции, так называемых Solid. Для исследования узла крепления балки к вертикальной стойке был рассмотрен соответствующий фрагмент стеллажа с заданием распределенных нагрузок. Каждому элементу конструкции были присвоены свойства материала соответствующего металлу используемых профилей.

Следующим шагом создания пространственной твердотельной модели было создание сетки конечных элементов. Для получения результатов расчета модель разбивалась на конечные элементы размером 15мм. В местах, где присутствуют отверстия, либо скругления, размер конечных элементов принимался менее 15мм (рис. 2).

Стойки колонн в опорах закреплялись по нижним граням, имитируя жесткую заделку. В узле сопряжения балки со стойкой решалась контактная задача. Элементы узла были соединены своими контактирующими границами таким образом, что зубья опорной части балки входили в отверстия стенки колонны.

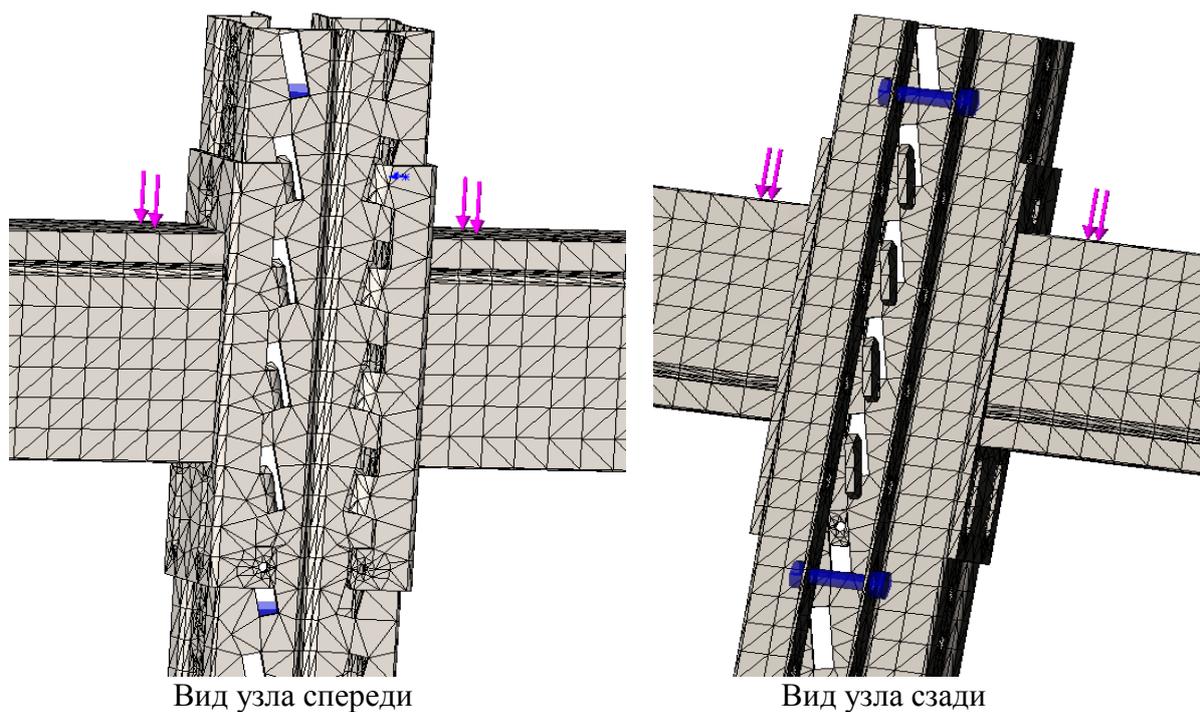


Рис. 2. КЭ модель сопряжения балок со стойкой колонны

На полученную модель была приложена равномерно-распределенная нагрузка  $F_y=4,7\text{кН/м}$  через балку пролетом 2,7м. Собственный вес всей модели задавался автоматически и обозначался красной стрелкой (рис. 3).

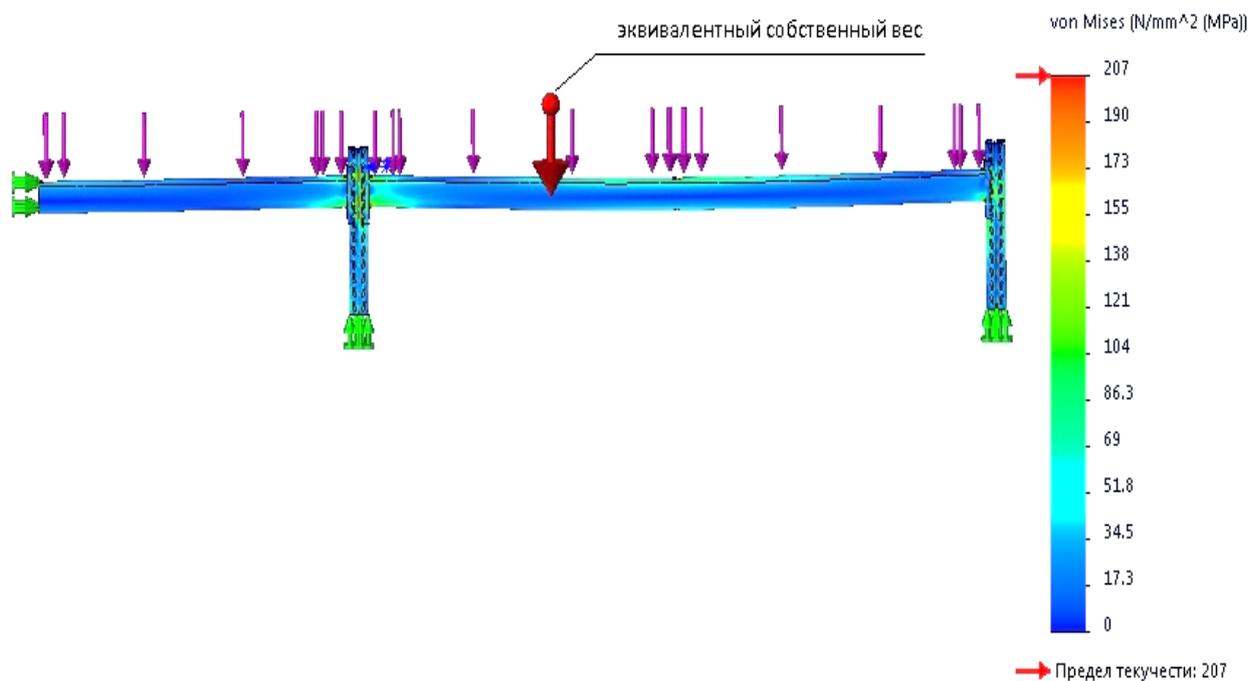


Рис. 3. Расчетная схема модели стеллажа

В результате расчетов получено НДС в узле сопряжения балки со стойкой (рис. 4).

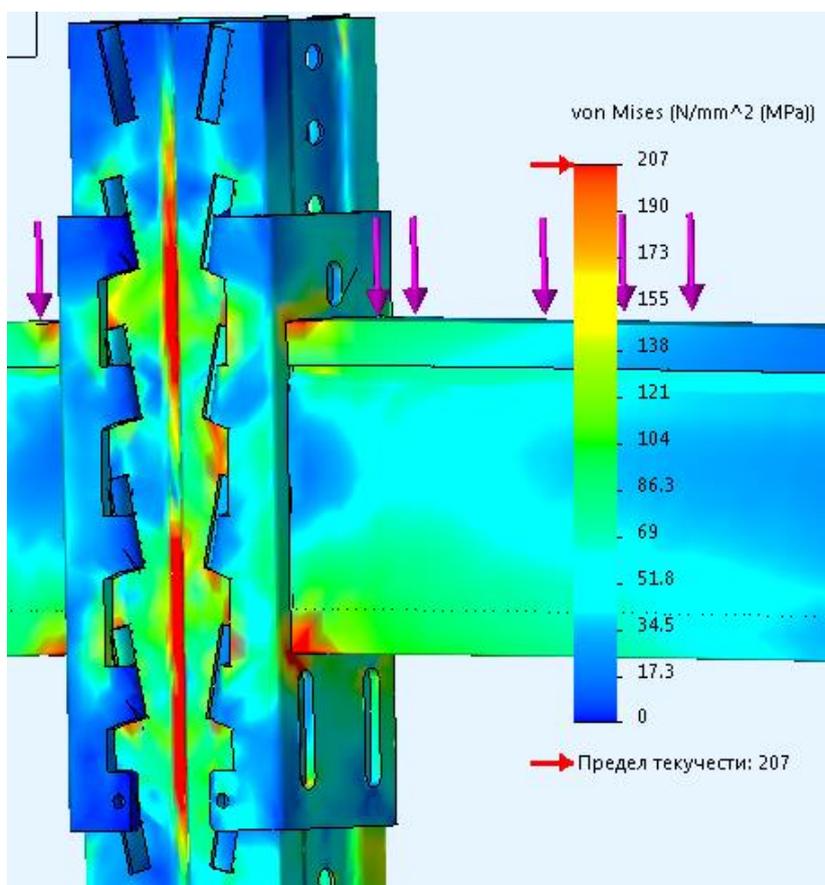


Рис. 4. Общая картина распределения напряжений по Мизесу в узле КЭ-модели на средней стойке колонны

Из рисунка 4 видно, что в середине стенки поперечного сечения стойки возникают напряжения, которые превышают предел текучести в несколько раз (рис. 6). Зона стойки в узле имела разнозначные напряжения и деформации:

- в нижней зоне со стороны стенки и со стороны болтового соединения сжатие (рис. 4, рис. 5);
- в верхней зоне стенка растянута, с противоположной стороны раскрытию соединения не дают болты.

Под зубьями сцепления балки со стойкой возникают значительные деформации.

На рисунке 6 указаны численные значения приведенных напряжений  $\sigma_{ред}$ . На рисунке 7 приведены значения полных деформаций  $\epsilon_{ред}$ .

Как видно, приведенные напряжения превышают предел текучести ( $\sigma_T = 235$  МПа) в  $(3,13 \div 2,84)$  раз. Соответственно, расчетные деформации

отличаются от  $\epsilon_T = \frac{235}{20600} = 0,0114$ :

- $\epsilon_{прив} = 0,0137 > \epsilon_T = 0,0114$  – в нижней зоне (20,2%),
- $\epsilon_{прив}^{ср} = 0,0181 > \epsilon_T = 0,0114$  – в верхней зоне (58,35%).

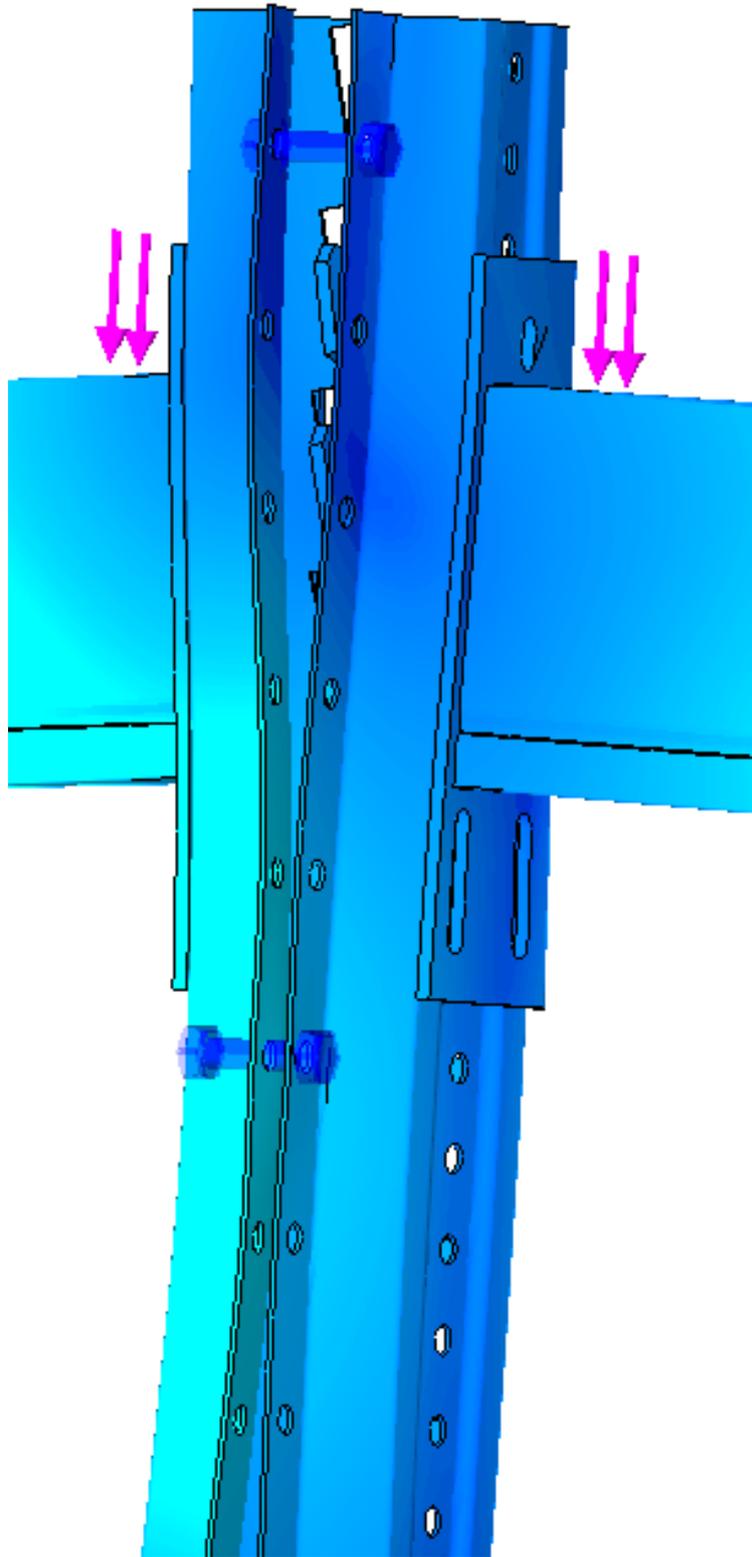


Рис. 5. Деформация профиля колонны в узле

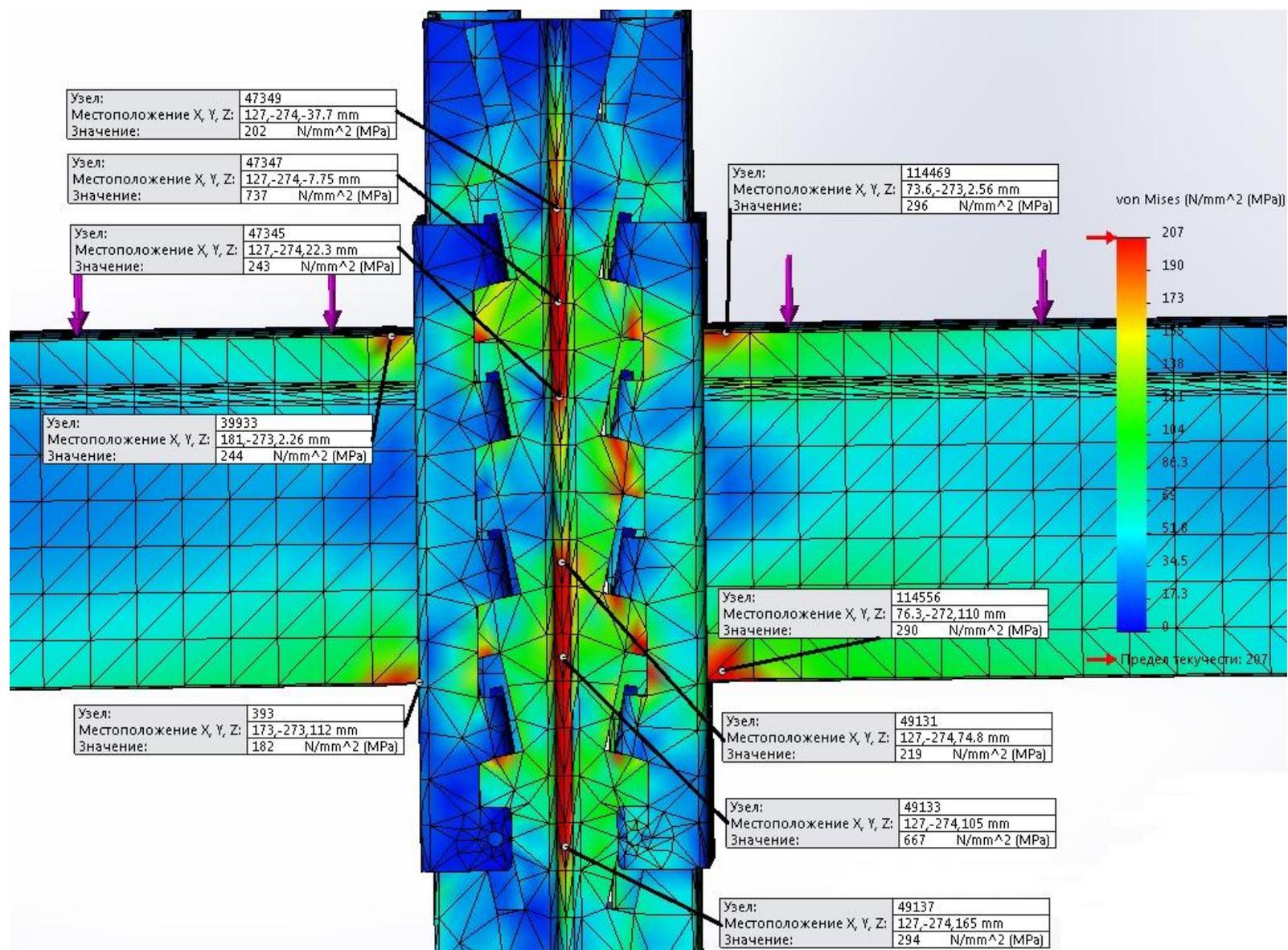


Рис. 6. Численные значения эквивалентных напряжений, превышающих предел текучести

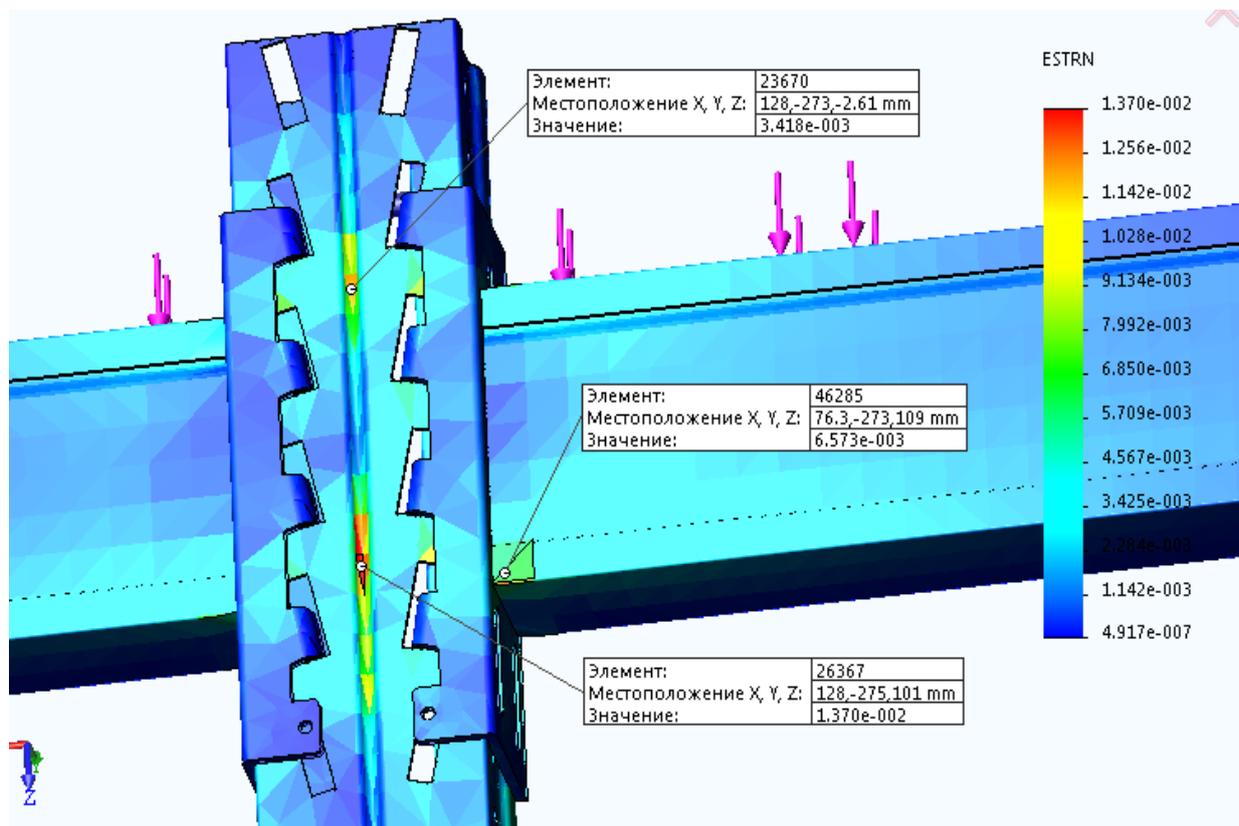


Рис. 7. Общая картина эквивалентных деформаций в КЭ-модели узла

#### Выводы:

1. Узлы сопряжения стоек с балками следует считать упругоподатливыми, т.е. занимающими промежуточное положение между абсолютно жесткими и абсолютно шарнирными.

2. Для обеспечения нормальной работы системы стеллажей целесообразно между секциями стеллажей в продольном направлении с внутренних сторон при спаренных стеллажах установить вертикальные крестовые связи. Это важно в связи с необходимостью при эксплуатации выполнять ассиметричную загрузку и разгрузку стеллажей, которая вызывает недопустимые горизонтальные перемещения.

#### Литература

1. Паспорт складских стеллажей по ТУ 3176-004-41587750-2009.
2. Отчёт кафедры МК о НИР «Исследование несущей способности металлоконструкций складских стеллажей на складе ОАО «НМЖК».
3. ПК Dassault Systems «Solid Works 2014».

### Большепролетные конструкции бионической архитектуры

Важным моментом, сыгравшим свою роль в обращении архитекторов и конструкторов к живой природе, явилось внедрение в практику пространственных конструктивных систем, выгодных в экономическом отношении, но сложных в смысле их математического расчета. Прообразами этих систем во многих случаях были структурные формы природы. Такие формы начали успешно применяться в различных типологических областях архитектуры, в строительстве большепролетных и высотных сооружений, создании быстро трансформирующихся конструкций, стандартизации элементов зданий и сооружений (рис. 1).



Рис. 1. Вантовые конструкции

Использование конструктивных систем природы проложило дорогу другим направлениям архитектурной бионики. В первую очередь это касается природных средств «изоляции», которые могут быть применены в организации благоприятного микроклимата для человека в зданиях, а также в городах.

Архитектурная бионика призвана не только решать функциональные вопросы архитектуры, но открывать перспективы в исканиях синтеза функции и эстетической формы архитектуры, учить архитекторов мыслить синтетическими формами и системами.

В развитии бионической архитектуры большую роль играет исследование применяемых конструкций. На основании имеющихся исследований можно сделать вполне закономерный вывод – конструктивная основа бионики – это большепролетные криволинейные конструкции.

Среди общественных зданий различного назначения можно выделить группу таких, в которых имеется большой зал, являющийся

композиционным и функциональным ядром всего сооружения, имеющий свободную от промежуточных опор площадь и перекрываемый конструкцией большого пролета. Такие здания отличаются исключительным разнообразием размеров и форм, к ним относятся крытые рынки, выставочные павильоны, различного рода зрительные и спортивные залы (рис. 2).



Рис. 2. Сиднейский оперный театр

Выбор системы покрытия больших залов является одним из важнейших вопросов проектирования общественных зданий. Современная строительная наука дает возможность перекрывать помещения любых размеров металлическими, железобетонными, деревянными конструкциями. Несущие конструкции покрытий больших пролетов в зависимости от их конструктивной схемы и статической работы можно подразделить на три группы:

- 1) конструкции, работающие в одной плоскости;
- 2) конструкции, работающие в двух плоскостях;
- 3) пространственные системы, при расчете которых учитывают усилия в трех плоскостях.

К несущим конструкциям покрытий, работающим в одной плоскости, относятся балки, фермы, рамы и арки.

Балочные системы больших пролетов в залах общественного назначения применяют сравнительно редко, главным образом, в случаях необходимости создания покрытий небольшой строительной высоты. Сечение балок обычно применяют двутавровое. По архитектурным требованиям нежелательно оставлять в интерьере балки открытыми, поэтому чаще всего на нижнюю полку двутавров укладывают плиты, чтобы создать гладкий потолок.

В качестве несущих элементов покрытий зальных помещений часто применяют различного рода сквозные фермы, решетчатые же рамы могут применяться в пролетах до 150 м.

Рамные конструкции могут иметь разнообразные формы с прямыми, ломаными и криволинейными очертаниями, что в ряде случаев позволяет

получить определенный архитектурный эффект. Они допускают устройство крупных нависающих консолей, например, на железнодорожных перронах, посадочных площадках аэровокзалов, над трибунами стадионов, входами в крупные общественные здания.

Арочные покрытия перекрывают пролеты 100 м и более. Высокие архитектурные качества арочных конструкций позволяют во многих случаях получить выразительные интерьеры крупных стальных элементов.

Арочная конструкция представляет собой брус криволинейного очертания. Кривизна арки обеспечивает возможность ее статической работы преимущественно на осевые усилия, но вызывает не только вертикальные, но и горизонтальные реакции опор, так называемый распор.

Арки могут быть деревянными, металлическими и железобетонными, сплошного или решетчатого сечения. При малых пролетах деревянные и железобетонные арки имеют прямоугольное сечение, а металлические – двутавровое. При пролетах от 30 до 50 м независимо от материала – двутавровое, а при пролетах более 50 м – решетчатое. Подъем арок обычно составляет от  $\frac{1}{4}$  до 16 ... 150 ... 150 ... 130 ... 12 ... 14 ... 130 ... 125 ... 115 ... 120 ... 116–1l =  $\frac{1}{25}$ . В одноэтажных промышленных зданиях это позволяет значительно уменьшить объем здания и связанные с ним эксплуатационные расходы.

Как конструкции большепролетного назначения структурные плиты целесообразно применять с укрупненной сеткой колонн, переход к которой в большинстве случаев прогрессивен. Преимущества таких схем известны – свободная планировка, гибкость при изменении технологии, а также экономия площади.

Сокращение пролета между несущими элементами с 6 или 12 м до 2 – 3 м в структурах создает условия для применения беспрогонных решений кровли.

Формирование структур на строительной площадке в большинстве случаев осуществляется из отдельных отправочных марок заводского изготовления. При этом в практике строительства нашли применение следующие способы формирования конструктивной схемы: из стержней размером на одну ячейку; из коротко размерных элементов решетки и длинно размерных поясов; из плоскостных ферм; из пространственных стержневых пирамид и доборных линейных элементов.

#### Литература

1. Лебедев, Ю.С. Архитектура и бионика. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Ю.С. Лебедев. – М.: Стройиздат. – 1977.
2. Липов, А.Н. У истоков современной бионики. Биоморфологическое формообразование в искусственной среде [Текст] / А.Н. Липов // Полигнозис. – 2010. – №3(39).
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – <http://www.novate.ru/>
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – <http://www.archi-tec.ru/>

5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа. –<http://www.arhitekto.ru/>
6. [Электронный ресурс]. – Режим доступа. –  
<http://www.ozdigest.com/>

УДК 628.1 (470.341-25)

С.А. Дубровина

### **Принципы успешного создания и внедрения комплексных информационно-графических систем на предприятиях водопроводно-коммунального хозяйства**

Эта статья представляет собой отчет по расчету оптимальной работы системы водоснабжения поселка Березовая пойма г. Нижнего Новгорода.

Работа была выполнена на основании гидравлического моделирования с помощью комплексной информационно-графической системы по объектам водоснабжения и водоотведения г. Нижнего Новгорода.

Берёзовая Пойма — посёлок в составе Московского района города Нижнего Новгорода. Численность населения поселка составляет порядка 1000 жителей.

Протяженность водопроводных сетей поселка составляет 3122 м. Трассы и техническое описание характеристик водопроводных сетей внесены в геоинформационную систему, на основании которых выполнен предварительный гидравлический расчет системы.

Калибровка расчетной модели системы водоснабжения поселка Березовая пойма к ее фактическому состоянию при стандартном режиме работы производилась с учетом водопотребления в самые жаркие дни года (в июле и августе), в часы максимального водопотребления без полива подача в сети составила 22,75 м<sup>3</sup>/час.

При построении схемы и гидравлической модели были внесены все данные об источнике водоснабжения, насосной станции, фильтре и потребителях (рис. 1).

Проведены манометрические съемки давления на выходе водозаборного узла и на водопроводных сетях. Давление на выходе ВЗУ составляет 18 – 20 метров водяного столба.

Для получения достоверных результатов расчетов были откорректированы расходы потребителей в средний день без учета поливов, суммарный объем в час максимального потребления составил 22,78 м<sup>3</sup>/час.

Корректировка объемов потребления производилась с учетом степени благоустройства потребителей, их категории, графика неравномерности потребления жилой части поселка. Работа насосной станции откалибрована до фактического значения 19 м.в.ст. (рис. 2).

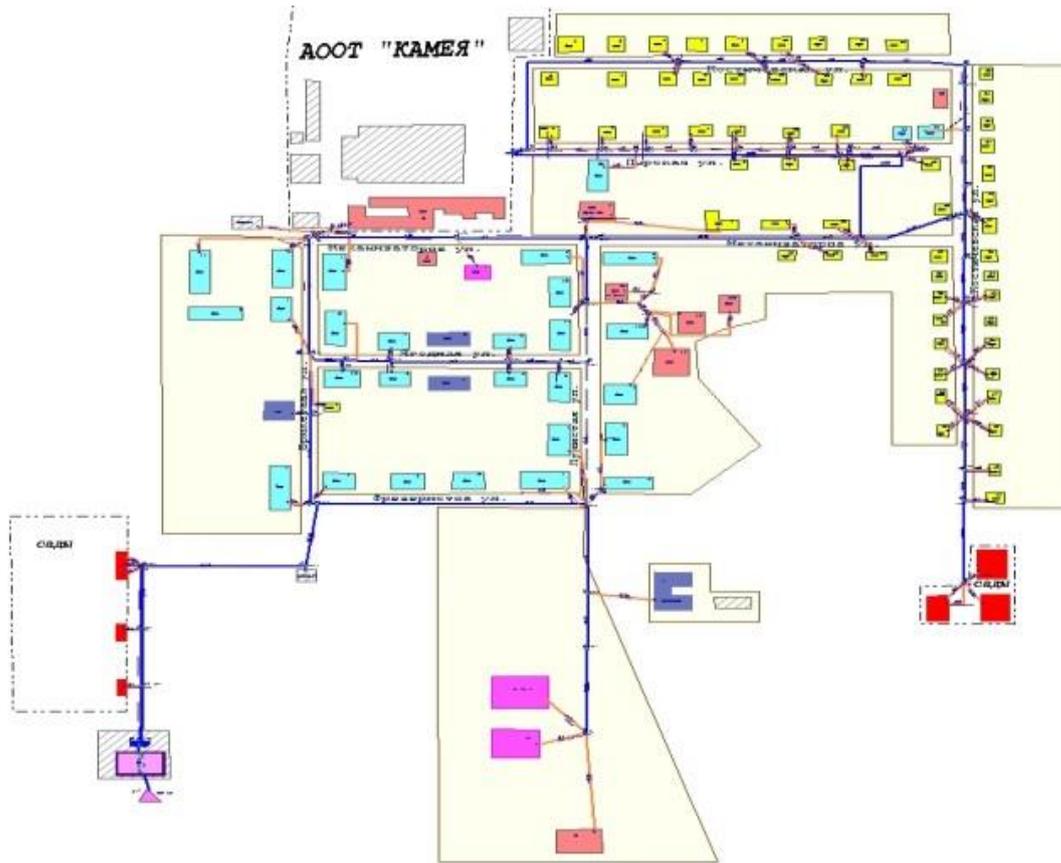


Рис. 1. Схема системы водоснабжения

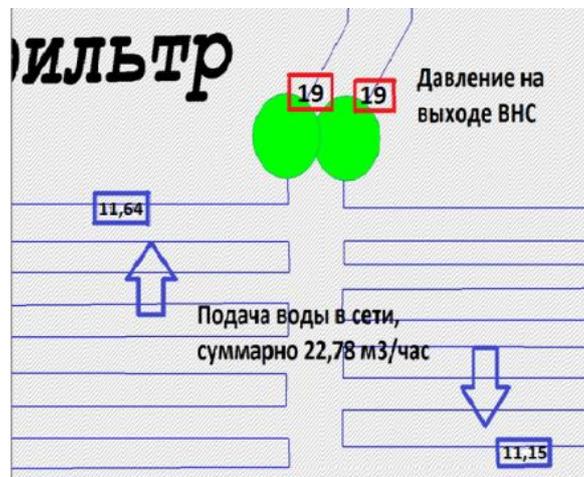


Рис. 2. Работа насосной станции

Геодезическая отметка ВЗУ – 86,2 м. Пьезометрический напор на выходе составил 105,1 м. В результате калибровки были описаны условия работы ВЗУ, соответствующие стандартному состоянию системы.

На территории поселка геодезическая отметка не меняется, за исключением центральной части, увеличение незначительно, 3,8 м, отметка – 90 м. Она является наивысшей точкой системы, в период стандартных дней её можно считать диктующей по геодезии.

При этом свободный напор составил 13 м.в.ст., пьезометрический напор незначительно отличается от напора на выходе насосной станции. При пьезометрическом напоре на выходе ВЗУ = 105,1 м, в наивысшей точке он составил 103 м.

Учитывая протяженность сетей от ВЗУ до наивысшей точки = 690 м, снижение пьезометрического напора на 2,1 метра является незначительным.

Вблизи диктующей по высоте точки находятся 2-х этажные жилые дома, расположенные на 1 - 2 метра ниже. Требуемое давление на вводе должно составлять не менее 14 м.в.ст, что обеспечивается при рассчитанном режиме работы системы. Таким образом, для этой диктующей точки давление на выходе ВЗУ должно быть не менее 19 м.в.ст.

Водоснабжение центральной, а также всей восточной части поселка происходит по водопроводному участку диаметром 90 мм, это снижает пьезометрический напор в диктующей точке, но не значительно влияет на свободный напор, так как скорость в этом участке трубопровода составляет 0,28 м/сек.

Участки, кольцующие данное направление выведены из эксплуатации и требуют ремонта (выделены красным цветом), закольцовка отсутствует. Любое повреждение или проведение профилактических работ на участках (выделены синим цветом) повлечет отключение всей восточной части поселка от услуг водоснабжения. Поэтому необходимо выполнить закольцовку водопроводных сетей для исполнения требований СНиП 2.04.02-84\* «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» и возможности отключения участков сети для проведения аварийно-восстановительных, плановых ремонтов и технического обслуживания любого участка сети без отключения потребителей (рис. 3).

Самый удаленный потребитель «Сады», находящийся в юго-восточной части поселка, при режиме водопотребления без полива приусадебных участков не является диктующей точкой, так как он находится ниже по геодезической отметке, чем насосная станция ВЗУ на 1 метр (рис. 4). Потери пьезометрического напора в этой точке составляют 1,65м, 104,9 на ВЗУ и 103,25 в точке подключения садовых участков.

Результаты расчета модели отражают фактические параметры работы элементов системы при стандартных режимах водопотребления.

Таким образом, при стандартном режиме работы системы водоснабжения поселка Березовая Пойма на выходе насосной станции необходимо поддерживать давление не менее 19 м.в.ст, при этом все потребители будут обеспечены бесперебойным водоснабжением.

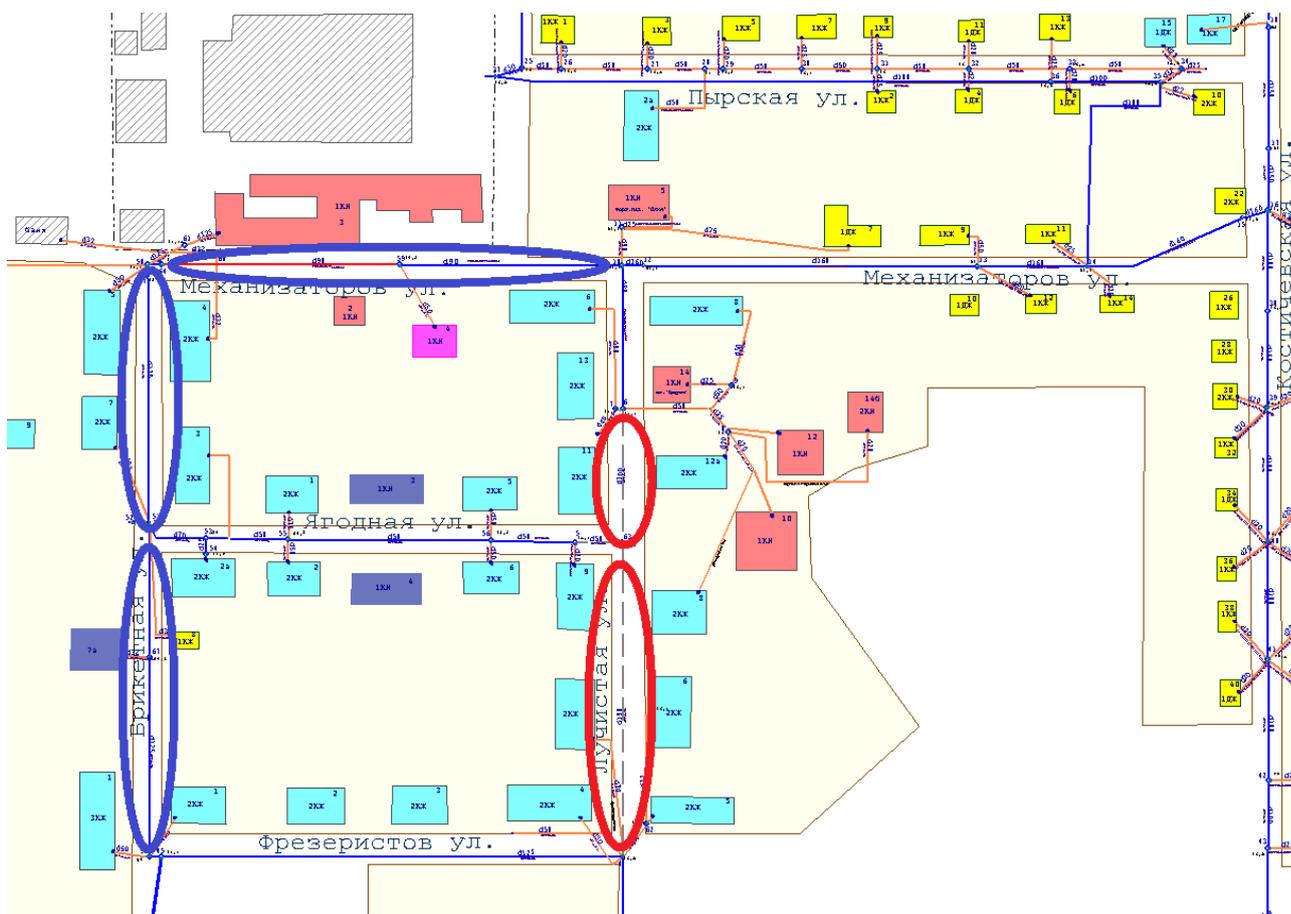


Рис. 3. Схема отключения участков сети для проведения аварийно-восстановительных, плановых ремонтов и технического обслуживания любого участка сети без отключения потребителей

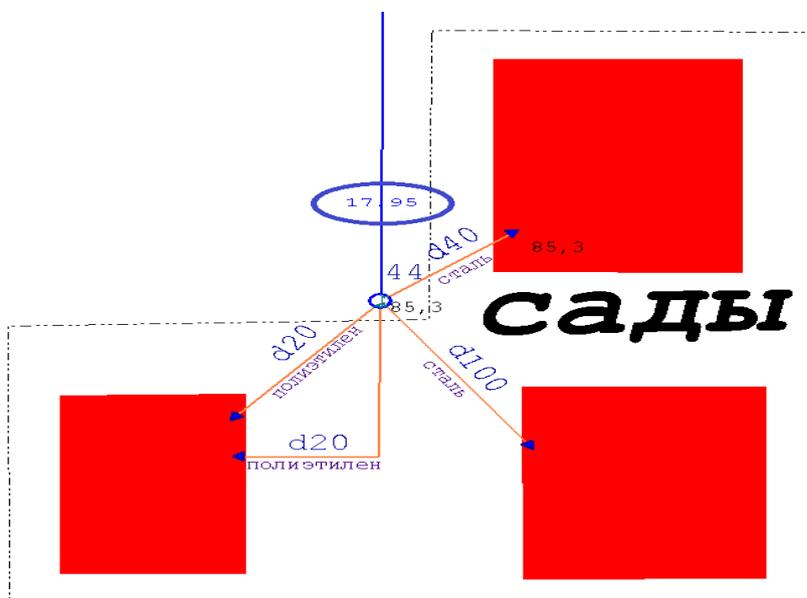


Рис. 4. Схема подключения садовых участков

## Принцип топологического формообразования в современной архитектуре

Объем здания в виде ленты, которая складывается в эффектные рулоны, пол органично «перетекает» в потолок, и все это прекрасно воспринимается как снаружи, так и изнутри, вовлекая человека в исследование сложности и относительности окружающего мира. Еще пятнадцать лет назад подобные проекты поражали воображение на всемирных выставках и биеннале, сегодня – воплощаются в реальность.

Пол, стены, потолок выражены не явно – одно перетекает в другое. Если раньше здание как правило имело четко выраженное направление (вертикальное или горизонтальное), то теперь оно предпочитает развиваться во все стороны и более того – быть непрерывным.

Такая пространственная структура здания, характеризующаяся внеметрическими свойствами (прерывность и непрерывность, близость, связность), получившая бурное развитие в архитектуре последнего десятилетия, носит название «топологическая».

Топология (от др.-греч. τόπος — место и λόγος — слово, учение) — раздел математики, оформившийся в самостоятельную математическую дисциплину в начале XX в. и изучающий в самом общем виде явление непрерывности, в частности свойства пространств, которые остаются неизменными (не происходит разрывов и склеиваний) при деформациях.

Самый распространенный пример топологического пространства – лента Мёбиуса – простейшая неориентируемая односторонняя поверхность, которая была открыта независимо немецкими математиками Августом Фердинандом Мёбиусом и Иоганном Бенедиктом Листингом в 1858 году.

Лента Мёбиуса стала популярным среди архитекторов художественным образом, позволяющим создавать эффектные и при этом ультрасовременные здания.

Специалисты компании Miliy Design применили данный образ для культового объекта, разработав для китайского города Тайчанг проект буддистского храма, формой символизирующего бесконечность человеческих реинкарнаций (рис.1). Архитектура здания интерпретируется как путь, соединяющий начало с концом, в результате представляя принцип перевоплощения. Изучая листы Мёбиуса в различных конфигурациях, авторы проекта стремились создать символичное динамичное пространство, соответствующее современным тенденциям развития Китая.



Рис. 1. Буддистский храм, г. Тайчанг, Китай

В 2013 г. Муниципальные власти тайваньского города Тайчжун провели международный конкурс на проектирование местного культурного центра. Архитектурное бюро Vincent Callebaut Architectures во главе с бельгийским архитектором Венсаном Кальбо предложили возвести здание в виде спирали-эллипса сложной формы, фактически представляющей собой ленту Мёбиуса. Сам автор предпочитает называть свой проект «Ласточкиным гнездом» (рис. 2).



Рис. 2. Культурный центр, г. Тайджунь, Тайвань

Здание представляет собой свернутый в виде спирали металлический каркас со сплошным панорамным остеклением. В разрезе каркас имеет форму треугольника, поворачивающегося около 80 раз и образующего

таким образом ленту Мёбиуса эллиптической формы. Спираль опирается на поверхность земли в трех точках, что позволило создать под комплексом открытую площадь-патио. Строительство Тайчжунского культурного центра планируют начать в 2015 году и завершить в течение двух лет.

Следующий проект здания-ленты – Национальная библиотека в г. Астана, Казахстан (рис. 3).

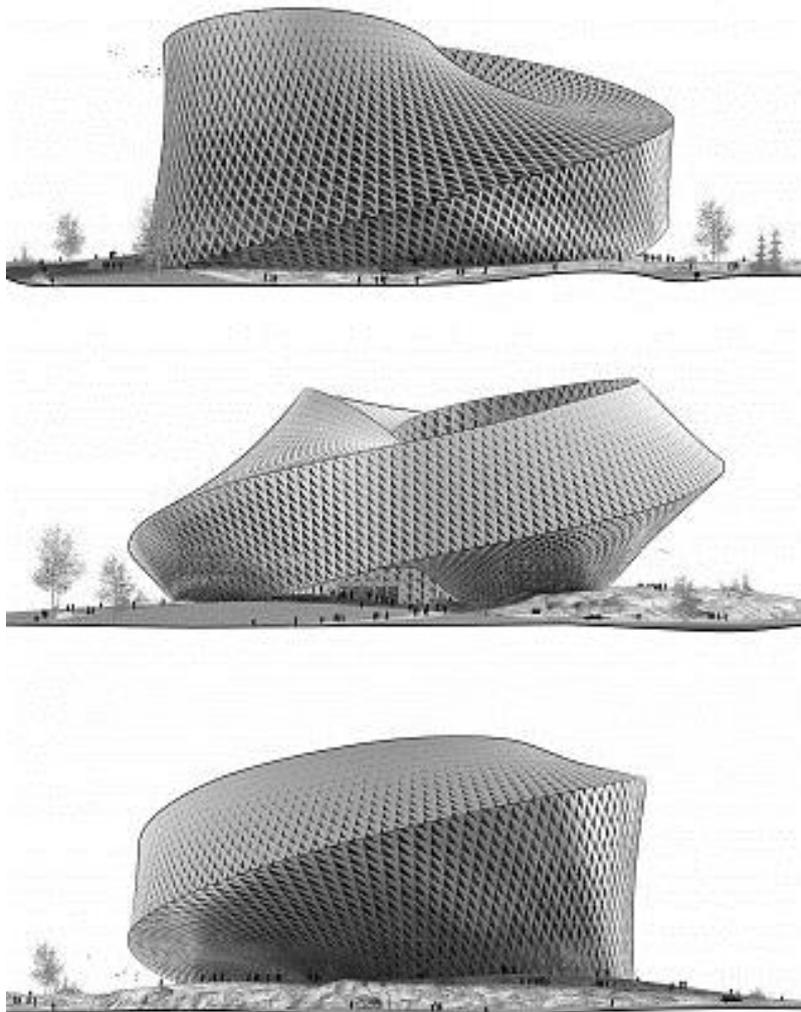


Рис. 3. Национальная библиотека, г. Астана, Казахстан

Принадлежит данная разработка датскому архитектурному бюро BIG (Bjarke Ingels Group). Общая площадь библиотеки составит 33 000 м<sup>2</sup> и кроме помещений основного назначения здесь разместятся зимний сад, многочисленные архивы казахской письменности и цифровые списки с полного собрания древнейшей и легендарной библиотеки Александрии. Площадь вокруг библиотеки станет продолжением музея под открытым небом, где можно будет ознакомиться с растениями и скальными породами страны, а также просто прогуляться на свежем воздухе.

В то время пока утверждается проект Тайджунского культурного центра, а правительство Казахстана принимает решение о строительстве

Национальной библиотеки Астаны, в Пекине завершается возведение Международного Медиа Центра Phoenix (Phoenix International Media Center) по аналогичному проекту китайского архитектурного бюро BIAD Ufo (рис. 4).

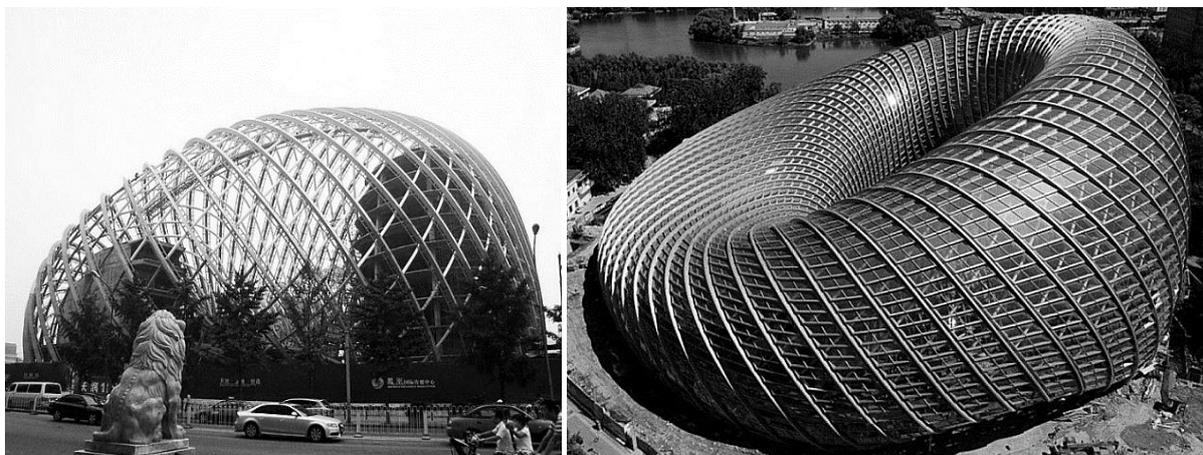


Рис. 4. Международный Медиа Центр Phoenix, г. Пекин, Китай

Идея постройки состоит в том, что два здания высотой в 55 метров и общей площадью в 65 000 м<sup>2</sup> расположили под гладким колпаком в виде сетчатого каркаса. Перепад высот между южной и северной частями идеален для равномерного распределения солнечного света по всему периметру здания в течение дня, а плавная форма постройки будет также смягчать сильные ветры, свойственные зимнему периоду в Пекине. Это огромный плюс, поскольку рядом возвышаются небоскребы.

Седующий яркий пример топологического пространства – «бутылка Клейна», впервые описанная в 1882 г. немецким математиком Феликсом Клейном. С точки зрения математики – это замкнутая односторонняя поверхность. У нее нет «края», где бы поверхность резко заканчивалась. По ней можно пройти путь изнутри наружу, не пересекая поверхность, то есть в сущности у этого объекта нет ни внутренней, ни наружной поверхности.

Архитектурное воплощение данной мысли – торговый комплекс Palais Quartier Vauteil D итальянского архитектора Массимилиано Фуксаса, который был построен в 2009 г. в Франкфурте-на-Майне, Германия (рис. 5). Данное здание – пример того, как можно в реальной жизни преодолеть и сломать пространство.

Рассмотренные объекты являются яркими примерами того, как топологические пространства становятся прототипами для современной архитектуры.

Но и сама идея топологии – непрерывность, связность, целостность при деформациях, стала вдохновением для ведущих западных и отечественных архитекторов. Объединяясь с высокими технологиями и современными параметрическими методами проектирования, топологические свойства легли в основу целого принципа формообразования в рамках современной нелинейной архитектуры.



Рис. 5. Торговый комплекс Palais Quartier Bauteil D,  
г. Франкфурт-на-Майне, Германия

Здания, основанные на топологическом принципе формообразования, представляют собой гибкие нелинейные конструкции, связанные с применением неортогональных систем координат. Часто такое объемно-пространственное решение является необходимостью и диктуется функциональными особенностями, определенными климатическими условиями или требованиями среды, позволяет зданию быть более экологичным или энергоэффективным. Кроме того, подобные объекты имеют разнообразную многообъемную форму, и яркую идейно-художественную образную среду, а данный принцип становится основополагающим в творчестве все большего количества молодых архитекторов.

Ответом на вопрос, чем же вызван такой интерес к топологическому формообразованию, могут послужить слова известного голландского архитектурного критика Аарона Бецки: «Молодые архитекторы увлечены формами, генерируемые компьютерами, потому что их пленяют возможности, открывающиеся с использованием самых последних технологий и их влияния на расширение границ возможного в формообразовании. Также ориентированная на всевозможные процессы культура, в которой мы все живем, изобилует эфемерными эффектами. ... Поэтому очень логично тому же следовать и в архитектуре. Молодым архитекторам интересен процесс и все, что является частью его, включая манипуляцию и генерирование новой топологии. Для этих архитекторов, постоянные исследования и эксперименты – это и есть самое интересное и главное в архитектуре».

#### Литература

1. Бурлаков, К.В. Особенности топологического формообразования в архитектуре рубежа XX-XXI веков: автореф. дис. на соиск. науч. ст. канд.

архитектуры : спец. 05.23.20 «Теория и история архитектуры, реставрация памятников архитектуры» / К.В. Бурлаков. – Самара, 2011. – 133 с.

2. Добрицына, И.А. От постмодернизма - к нелинейной архитектуре: Архитектура в контексте современной философии и науки. - М.: Прогресс-Традиция, 2004. - 416 с.

3. Лапшина, Е.Г. Анализ пространственных концепций в архитектуре XX в. [Электронный ресурс] / Е.Г. Лапшина // «Архитектон: известия вузов» – 2014. – № 45. – Режим доступа: [http://archvuz.ru/2014\\_1/2](http://archvuz.ru/2014_1/2) – (Дата обращения 06.02.2015).

УДК 628.1(470.341-25)

А.В. Залугин

### **Распределение аварийности на сетях Сормовского водопроводного участка**

Водопроводная сеть является одной из основных частей инфраструктуры жилищно-коммунального хозяйства в обеспечении жителей и предприятий города питьевой водой в необходимом количестве и требуемого качества для комфортного проживания жителей города и удовлетворения потребности промышленности, с учетом увеличения производительности и развития системы на перспективу.

Важным показателем качества работы системы городского водоснабжения является уровень аварийности водопроводной системы. Сложность научного понимания и рационального объяснения аварийности систем водоснабжения обусловлена множественностью и гетерогенностью влияющих на неё факторов и процессов. Поэтому, необходимо понимание влияния объективных и субъективных факторов и показателей, играющих главную роль в понимании уровня аварийности и в её распределении по году.

Для анализа использованы данные по Сормовскому водопроводному участку ОАО «Нижегородский водоканал». Целью анализа является выявление общей закономерности распределения аварийности в течение года, а также попытка объяснения причин, влияющих на пиковые периоды.

Сормовский водопроводный участок ОАО «Нижегородский водоканал» обслуживает сети Сормовского, Московского и части Канавинского районов г. Нижнего Новгорода общей протяженностью 544,9 км с диаметрами труб от 20 мм до 1420 мм. Сети имеют один источник водоснабжения – Ново-Сормовская водопроводная станция (I и II подъема) и 96 водоподкачивающих станций III подъема. Ново-Сормовская водопроводная станция является источником водоснабжения для всей заречной части Нижнего Новгорода за исключением Автозаводского района, запитанной от Автозаводской водопроводной станции.

Основными причинами отказов (аварий) трубопроводной сети являются:

- большой физический износ оборудования из-за большого срока эксплуатации;
- низкое качество применяемых стальных труб и отсутствие катодной защиты;
- колебание напоров в сети;
- несвоевременное проведение ППР;
- недостаточно высокие темпы реноваций и переключков трубопроводов и др.

Статистика повреждений (в шт.) за период с 2008 по 2011 год приведена в таблице 1.

Таблица 1

Статистика повреждений (в шт.) за период с 2008 по 2011 год

год	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
2008	83	57	56	68	79	61	110	116	99	62	94	76
2009	67	39	41	75	64	66	110	112	109	83	92	104
2010	50	58	66	76	81	78	120	172	120	131	75	94
2011	53	42	60	59	75	59	115	106	106	77	91	66

Построив графики (рис.1) распределения аварийности на водопроводной сети по годам можно отметить её крайнюю неравномерность с точками экстремума в декабре-январе и июле-августе каждого года. Если повышение аварийности в зимний период времени можно объяснить крайне неблагоприятными условиями эксплуатации, то всплеск аварийности в июле-августе каждого года требует дополнительного объяснения и не может считаться простым совпадением. Т.е. необходимо выявить основной внешний фактор (объективный или субъективный), влияющий на увеличение количества повреждений в июле-августе каждого года.

В течение года эксплуатации систем водоснабжения виды и характер повреждений трубопроводов (сквозная коррозия стальных трубопроводов, трещины, переломы и раструбные повреждения чугунных и асбоцементных трубопроводов, дефекты сварных швов и стыков п/э труб, повреждения арматуры) остаются практически неизменными в процентном отношении друг к другу и могут быть приняты как условно стабильные величины.

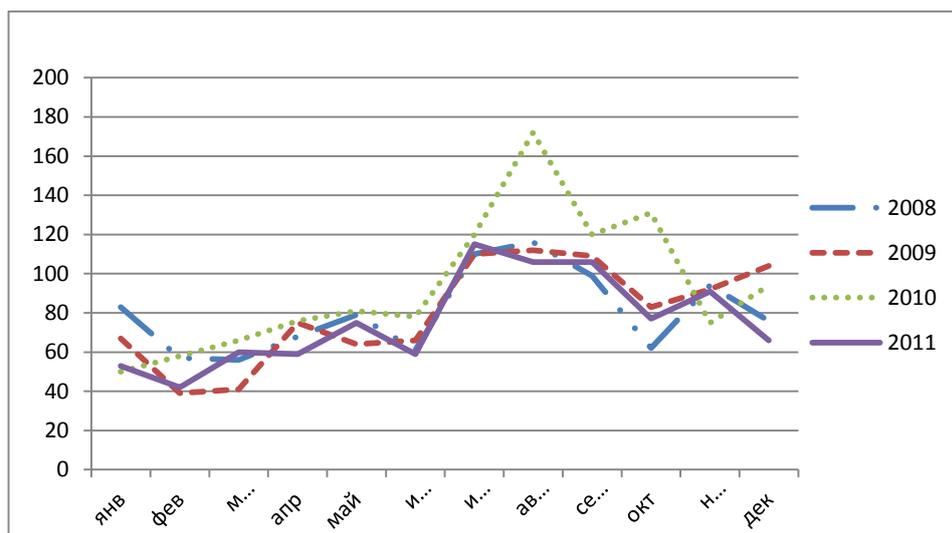


Рис.1. График распределения аварийности на водопроводной сети по годам

Длительный период наблюдения и статистические данные показывают, что критериальными факторами, влияющими на количество отказов трубопроводов рассматриваемого объекта, являются: материал труб и его качество; динамика изменения напоров в сети; наличие и глубина залегания грунтовых вод, отсутствие защиты от электрокоррозии; динамические нагрузки от транспортных потоков; глубина залегания трубопроводов; химические свойства транспортируемой воды и т.д. Но данные факторы не могут объяснить всплеска количества повреждений в один и тот же период для каждого года наблюдения, причем, количественные отклонения могут достигать 1,5-2-х кратного увеличения от минимальных месячных значений.

Рассмотрев и проанализировав дополнительные факторы влияния на аварийность водопроводной сети можно сделать вывод, что основным изменяющимся фактором является температура транспортируемой воды (как следствие температуры воды на водозаборе). Изменения температуры воды (РЧВ) за июль-август рассматриваемых годов приведены в таблице 2 и на графике (рис.2).

Данный анализ проводился при условии примерно неизменных Q и P работы Ново-Сормовской водопроводной станции, что подтверждается данными (табл. 3).

Изменения в работе станции в сторону изменения параметров Q и P не влияют на общее распределение повреждений в течение года, а влекут лишь изменения количества повреждений. Данный аспект будет рассмотрен в других работах.

Изменения температуры воды (РЧВ) за июль-август

Год	Июль, град	Август, град
2008	20	20
2009	22	19,5
2010	26	26
2011	23,5	23

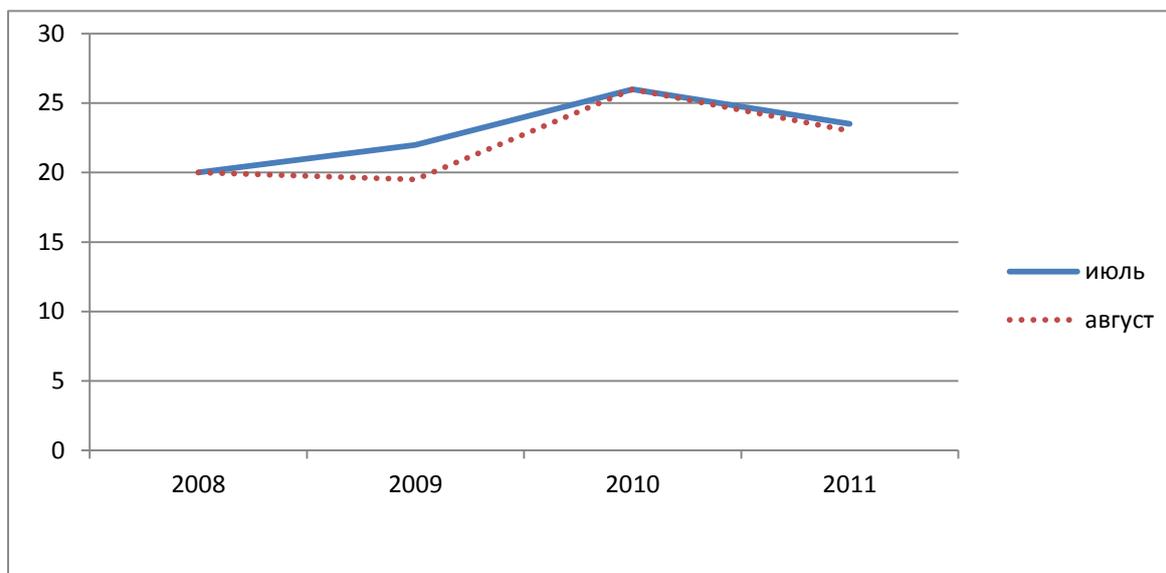


Рис. 2. График изменения температуры воды ( РЧВ) за июль-август

Таблица 3

Данные анализа при условии примерно неизменных Q и P работы Ново-Сормовской водопроводной станции

показатели	2009 г.	2010 г.	2011 г.
Q ср.мес., тыс. м <sup>3</sup>	6955	6462	6463
P ср.день, кг/см <sup>2</sup>	4,8	4,8	4,8

#### Выводы:

1. Влияние температуры транспортируемой воды на состояние трубопроводов в зимний период (охрупчивание труб) является менее неблагоприятным, чем в летний период, когда температура транспортируемой воды более высокая.

2. Повышение количества повреждений, приходящееся на июль-август каждого года, является процессом объективным и не зависит от вмешательства персонала предприятия в работу станций и сетей.

3. При планировании работ для подразделений предприятия необходимо учитывать данный фактор усиления готовности бригад АВР, спецтехники, снабжения материалами и отказом от плановых работ на станции и магистральных трубопроводах.

### **К вопросу о возможности эксплуатации дощато-гвоздевых балок с перекрестной стенкой в современных условиях**

Одной из важнейших стратегических задач СССР в первые годы после Великой Октябрьской революции, стала задача восстановления зданий и сооружений для нужд промышленности и сельского хозяйства, разрушенных войнами. Реализация поставленной задачи не могла в то время носить массовый характер: в стране не хватало материалов (металла, цемента и пр.), поэтому в 1920-1930 гг. распространение получили такие материалы, как камень и дерево. Широко стали применяться деревянные конструкции в промышленном строительстве, что повлекло за собой углубленное изучение свойств древесины, новых способов соединений элементов деревянных конструкций, разработки технических указаний и норм для проектирования.

В 1925-1926 гг. впервые были использованы **дощато-гвоздевые конструкции – двутавровые балки с двойной перекрестной стенкой**, сегментные фермы и рамы. Конкретно дощато-гвоздевые балки с перекрестной стенкой применяли в промышленном, гражданском и жилищном строительстве (в надстройках). Также немалое преимущество конструкции – возможность ее изготовления в построечных условиях, которая не требовала высокой квалификации мастера, так как соединения были гвоздевые, что играло немаловажную роль.

Дощато-гвоздевые балки с перекрестной стенкой могут иметь пролет до 12 м. и высоту в середине не менее  $1/7$  пролета, а на опорах – не менее  $0,4$  высоты в середине. Эти балки имеют двутавровое сечение, постоянное по длине в односкатных и переменное – в двускатных балках. Пояса состоят из двойных досок на ребро, соединенных по длине болтами.

Стенки образуются из двух перекрестных слоев досок толщиной не менее толщины досок поясов, наклоненных под углом  $30^{\circ}$ - $45^{\circ}$  к горизонту. Пояса соединяются со стенкой гвоздями с двух сторон. Стенка соединяется короткими конструктивными гвоздями.

По очертанию верхнего пояса балки подразделяются на балки с параллельными поясами, односкатные и двускатные.

В статическом отношении балка с перекрестной дощатой стенкой является фермой многорешетчатой системы с растянутыми нисходящими от опор и сжатыми восходящими раскосами, которые образуют дощатую стенку. Нормальные усилия воспринимаются только поясами, а стенка работает на сдвигающие усилия, возникающие между поясами и стенкой при изгибе балки.

Сегодня, данная конструкция снята с производства, но имеет место быть и успешно эксплуатируется и до сегодняшнего дня как в зданиях

производственного назначения, так и в жилых домах (1932 года постройки), будучи запроектированными быв. Моснадстроем, перекрытия в одноэтажной надстройке жилого дома гостиницы «Бухарест» и пр., но позднее СНиПом II-V. 4-62 «Деревянные конструкции. Нормы проектирования» дощато-гвоздевые балки были рекомендованы к применению лишь в зданиях и сооружениях временного назначения. С момента возведения зданий с дощато-гвоздевыми балками прошли десятки лет, соответственно, нормативные регламенты актуализированы. Встал вопрос о возможности и безопасности дальнейшей эксплуатации зданий и сооружений, имеющих в покрытии вышеуказанную конструкцию.

Результаты исследований дощато-гвоздевых балок, эксплуатируемых сегодня в различных условиях, доказали их надежность и пригодность в эксплуатации. Исключение составляли только балки со значительными перенапряжениями в результате перегрузки или дефектов изготовления. Известны случаи, когда нагрузки на балку вдвое превышали расчетную, при этом высота балок была занижена, не смотря на большие перегрузки, балка простояла 35 лет.

Сегодня для заказчика (владельца) не всегда выгодно и представляет интерес полная замена конструкции, имеющей дефект, который мешает дальнейшей безопасной эксплуатации объекта. Поэтому для зданий и сооружений, имеющими в покрытии дощато-гвоздевую балку актуален вопрос ее усиления. Для этого необходимо произвести поверочные расчеты несущей способности покрытия, в соответствии с нормативной документацией, актуальной сегодня; также рассмотреть возможности расчета различными способами в САПР.

#### Литература

1. СП 64.13330.2011 «Деревянные конструкции»
2. Филиппов Н.А., Константинов И.А. «Примеры расчета и проектирования деревянных конструкций» Практическое пособие для проектировщиков. М.: Издательство литературы по строительству, 1966. – 301с.
3. Калугин А.В. «Деревянные конструкции». М.: Издательство Ассоциации строительных Вузов 2003. – 221с.
4. Гвоздевые балки с перекрестной стенкой [Электронный ресурс]: – Строительный портал. – режим доступа к portalу: <http://www.super-prorab.ru/krovlya/29-gvozdevye-balki-s-perekrestnoj-stenкой.html>.

### Сопоставление методов расчета устойчивости откосов земляных плотин

Одной из ответственных задач в практике гидротехнического строительства является оценка устойчивости откосов земляных плотин, регламентируемая СП 58.13330.2012 [1], СП 39.13330.2012 [2].

Устойчивость грунтового откоса проверяется по вероятным поверхностям сдвига с нахождением наиболее опасной призмы обрушения, характеризуемой минимальным коэффициентом устойчивости.

Поиск наиболее опасной кривой обрушения осуществляется путем вычисления коэффициентов устойчивости для множества кривых обрушения, а затем выбором минимального из них [2]:

$$K_{уст} = \min K_i, \quad (1)$$

где  $K_i$  – коэффициент устойчивости  $i$ -ой призмы обрушения;

$$K_i = R_i / F_i, \quad (2)$$

$R_i$  – обобщенное расчетное значение сил предельного сопротивления сдвигу по рассматриваемой поверхности;

$F_i$  – расчетное значение обобщенного силового воздействия [2].

Кривые обрушения рекомендуется назначать в виде круглоцилиндрических поверхностей сдвига при однородных грунтах. При наличии в основании или теле сооружения ослабленных зон, прослоек грунта с низкими прочностными свойствами расчеты следует выполнять для произвольных поверхностей сдвига.

Полученный расчетом коэффициент устойчивости сопоставляется с нормативным значением. В частности, для откосов земляных плотин должно выполняться следующее условие [2]:

$$K_{уст} \geq \frac{\gamma_n \gamma_{lc}}{\gamma_c}, \quad (3).$$

Полученные расчетом значения коэффициента устойчивости при соответствующем сочетании нагрузок не должны превышать величины  $(\gamma_n \gamma_{lc}) / \gamma_c$  более чем на 10 %, если это не обусловлено особенностями сооружения [2].

Сопоставляются три наиболее распространенные метода расчета устойчивости откосов:

- метод весового давления Чугаева Р.Р.;
- метод Терцаги;
- метод наклонных сил Можевитинова А.Л.

Согласно методу весового давления, величина элементарных нормальных сил давления  $\delta N$  определяется непосредственно весом

грунта, расположенного над рассматриваемыми элементами дуги обрушения [3].

Коэффициент устойчивости по методу весового давления [3]:

$$K_{уст} = \left( r \frac{\sum H_1}{\sum H_2 x} \right) \operatorname{tg} \varphi + \left( \frac{r}{b \gamma_w} \cdot \frac{\sum \delta s}{\sum H_2 x} \right) c, \quad (4)$$

где  $\varphi$  – угол внутреннего трения грунта;

$r$  – радиус кривой обрушения, м;

$b$  – ширина вертикальных столбиков, м;

$\gamma_w$  – удельный вес воды, т/м<sup>3</sup>;

$\delta s$  – длина дуги, м;

$x$  – абсцисса, измеряемая от вертикальной оси  $Oy$  до вертикальной оси элементарного столбика, проведенной через его центр тяжести, м;

$c$  – удельное сцепление, т/м<sup>2</sup>;

$$H_1 = \Delta_{сух} z_1 + \Delta_{взв} z_2, \quad (5)$$

где  $z_1$  – средняя высота сухой части элементарного столбика, лежащей выше поверхности грунтовых вод, м;

$z_2$  – средняя высота насыщенной части вертикального столбика, лежащей ниже поверхности грунтовых вод, м;

$\Delta_{сух}$  – относительный вес сухого грунта;

$\Delta_{взв}$  – относительный вес взвешенного грунта;

$$H_2 = H_1 + z_3, \quad (6)$$

где  $z_3$  – средняя высота той части вертикального столбика, которая лежит между поверхностью грунтовых вод и горизонтальной линией  $WW$ , являющейся продолжением УВ в нижнем бьефе, м.

Схема к расчету устойчивости низового откоса земляной плотины методом весового давления представлена на рисунке 1.

$$K_{уст} = 1,657.$$

Допущением метода Терцаги считается, что силы  $E_1$  и  $E_2$  взаимно уравниваются. В методе Терцаги для составления уравнения равновесия все силы проектируются на радиус [5].

Коэффициент устойчивости по методу Терцаги [4]:

$$K_{уст} = \frac{\sum_n G_i \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_i + \sum_n c_i l_i}{\sum_n G_i \sin \alpha_i}, \quad (7)$$

где  $G_i$  – вес отсека, т;

$\alpha_i$  – угол образованный вертикалью и нормалью к кривой обрушения;

$\varphi_i$  – угол внутреннего трения грунта;

$l_i$  – длина дуги, м.

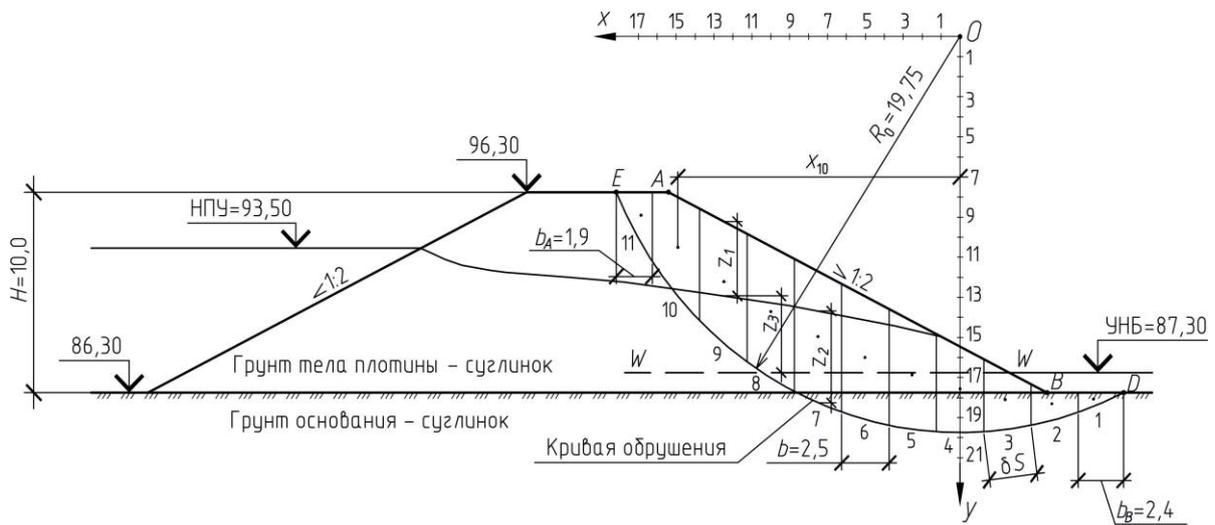


Рис. 1. Схема к расчету устойчивости низового откоса земляной плотины методом весового давления

Вес отсека определяется по формуле [5]:

$$G_i = b_i (\gamma_{\text{сух}} h' + \gamma_{\text{нас}} h''), \quad (8)$$

где  $h'$  – высота отсека выше кривой депрессии, м;

$h''$  – высота отсека ниже кривой депрессии, м.

Схема к расчету устойчивости низового откоса земляной плотины методом Терцаги представлена на рис. 2.

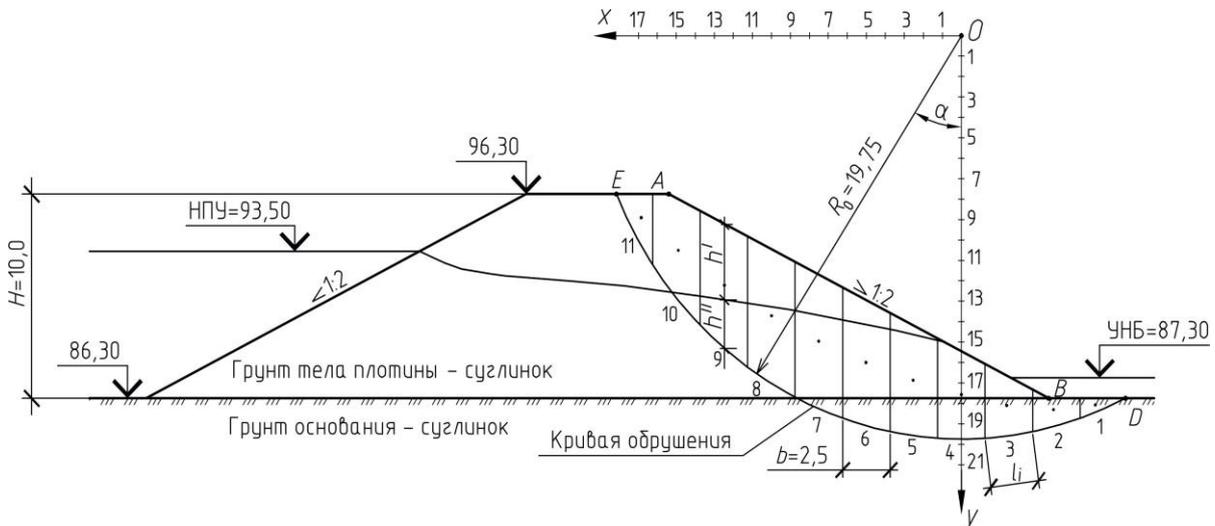


Рис. 2. Схема к расчету устойчивости низового откоса земляной плотины методом Терцаги

$$K_{\text{уст}} = 1,580.$$

Предположение метода наклонных сил Можевитинова А.Л. – постоянство угла наклона  $\beta$  к горизонту сил взаимодействия  $E$  между отсеками [5]. Коэффициент устойчивости по методу наклонных сил Можевитинова А.Л. [4]:

$$K_{\text{уст}} = \frac{\sum G_i \cos(\beta + \delta_i) \operatorname{tg}(\varphi_i + \beta - \alpha_i) + \sum \frac{c_i \cos \varphi_i \Delta s_i}{\cos(\varphi_i + \beta - \alpha_i)}}{\sum G_i \sin(\beta + \delta_i)}, \quad (9)$$

где  $G_i$  – равнодействующая всех сил, действующих на отсек;

$\beta$  – угол наклона сил взаимодействия  $E$ ;

$\delta_i$  – угол отклонения  $q$  от вертикали;

$\varphi_i$  – угол отклонения от нормали к подошве отсека силы  $p(x)$ , мобилизованный угол внутреннего трения;

$\alpha_i$  – угол, образованный вертикалью и нормалью к кривой обрушения;

$\Delta s_i$  – длина дуги, м.

$$\beta = \frac{\sum (\alpha_i + \delta_i) \Delta x}{l}, \quad (10)$$

где  $l$  – длина кривой обрушения, м.

Схема к расчету устойчивости низового откоса земляной плотины методом наклонных сил Можевитинова А.Л. представлена на рис. 3.

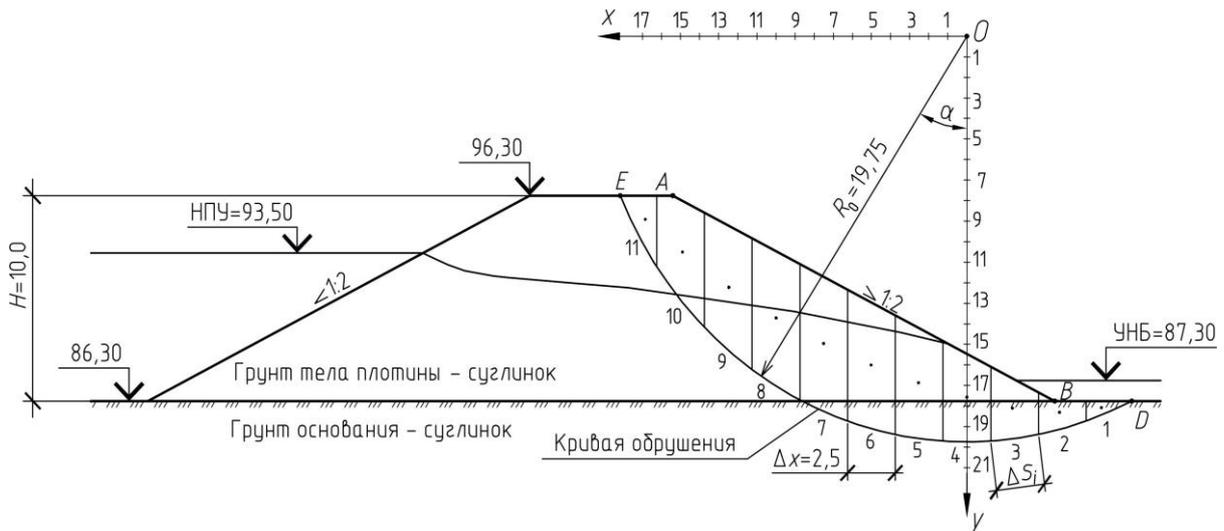


Рис. 3. Схема к расчету устойчивости низового откоса земляной плотины методом наклонных сил Можевитинова А.Л.

$$K_{\text{уст}} = 1,630.$$

Расчет по методу Терцаги откосов с заложением более 1:2,0 дает заниженный коэффициент устойчивости [5].

Расчет по методу весового давления при условии, когда в основании на значительную глубину залегают грунты, обладающие более низкими прочностными свойствами, чем грунты откоса, приводит к занижению коэффициента устойчивости [6].

Метод наклонных сил взаимодействия Можевитинова А.Л. может применяться для произвольной формы кривой обрушения [4]. Он дает более высокий коэффициент устойчивости.

## Литература

1. СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003 : утв. М-вом регион. развития Рос. Федерации 29.12.11: дата введ. 01.01.13. – Москва: Минрегион России, 2011. – 43 с.
2. СП 39.13330.2012. Плотины из грунтовых материалов. Актуализированная редакция СНиП 2.06.05-84\*: утв. М-вом регион. развития Рос. Федерации 29.12.11: дата введ. 01.01.13. – Москва: Минрегион России, 2011. – 90 с.
3. Чугаев, Р.Р. Земляные гидротехнические сооружения / Р.Р. Чугаев. – Ленинград: Энергия, 1967. – 460 с.
4. Гольдин, А. Л. Проектирование грунтовых плотин : учеб. пособие / А. Л. Гольдин, Л. Н. Рассказов. – Москва: АСВ, 2001. – 384 с.
5. Иванов, П. Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений: Механика грунтов : учеб. для вузов по специальности "Гидротехн. стр-во" / П. Л. Иванов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высш. шк., 1991. – 447 с.: ил.
6. Гидротехнические сооружения: справочник проектировщика / под ред. В. П. Недриги. – Москва.: Стройиздат, 1983. – 543 с.

УДК 628.1 (470.341-25)

И.Н. Кальгин

### **Совершенствование реакторов для озонирования воды**

Озонирование является эффективным методом очистки и обеззараживания как природных, так и сточных вод. Его использование наиболее целесообразно при удалении из воды трудно окисляемых органических и неорганических загрязнений. Однако применение данной технологии ограничивается сравнительно высокой стоимостью, а во многих случаях для деструкции трудно окисляемых соединений требуются большие дозы озона и значительный период контакта. Для эффективного проведения таких процессов необходимо создание специальных конструкций реакторов, особенно при медленно идущих реакциях озона с загрязнениями. Повышение глубины очистки воды, а также сокращение удельного потребления озона можно обеспечить интенсификацией процесса массопередачи озона в контактных камерах. Одним из направлений совершенствования конструкций контактных камер, предназначенных для проведения медленных процессов озонирования, является увеличение продолжительности пребывания диспергированной озонсодержащей газовой фазы в контакте с обрабатываемой водой. Это позволяет обеспечить более полный переход озона в жидкую фазу и повысить скорости окисления и полноту использования озона. В широко

применяемых контактных камерах барботажного типа период обработки воды озоном определяется расходом воды и объемом, который она занимает в реакторе. В то же время период контакта диспергированного озонсодержащего газа с обрабатываемой водой равен времени, за которое пузырьки газа всплывают от диспергаторов до поверхности воды, и определяется средней скоростью всплывания и высотой слоя воды. Увеличение периода контакта диспергированной озono-воздушной смеси с обрабатываемой водой в барботажных реакторах обычно обеспечивается: повторным введением озono-воздушной смеси, удержанием газовой фазы противотоком, применением мелкопузырчатых систем диспергирования газа и увеличением высоты контактной камеры. Перспективным направлением совершенствования контактных камер является повышение коэффициента использования озона за счет снижения средней скорости всплывания пузырьков диспергированной газовой фазы в реакторе. Это может быть достигнуто применением специальных насадок, удерживающих озонсодержащий газ в реакционном объеме контактных аппаратов.

К таким насадкам относятся модули из гидрофобного материала, размещенные в зоне всплывания газовых пузырьков, способные адсорбировать и удерживать на своей поверхности пузырьки озono-воздушной смеси. Это приводит к уменьшению средней скорости всплывания диспергированного газа вследствие устанавливающегося динамического равновесия. Поскольку за счет адсорбирования газовой фазы происходит увеличение газонаполнения в реакторе при неизменном расходе газа, задержка ее на поверхности насадки эквивалентна уменьшению средней скорости всплывания. Таким образом, при том же расходе озono-воздушной смеси увеличивается период контакта озона с водой.

Схема контактной камеры озонирования со специальной адсорбирующей объемной насадкой, размещенной в зоне всплывания диспергированной озono-воздушной смеси, приведена на рисунке 1.

На рисунке 1 приведены зависимости удельного объема газа, адсорбированного насадкой, от общей высоты слоя насадки и среднестатистического диаметра пузырьков диспергированной озono-воздушной смеси. Для достижения наибольшей эффективности адсорбции пузырьков газа в объеме контактной насадки его материал должен соответствовать следующим требованиям: иметь развитую поверхность для адсорбции пузырьков газа; обеспечивать прочную связь между пузырьком газа и поверхностью насадки, достаточную для удерживания пузырьков при воздействии динамических потоков жидкости; быть стойким к химическому действию воды, загрязнений и озона; обладать достаточной механической прочностью для размещения и монтажа насадки внутри контактных аппаратов; обладать большим поровым пространством и малым объемом собственного материала. В качестве

такой объемной насадки могут применяться многослойные модули, выполненные из полимерных или металлических сеток. Подбор материала насадки и способов диспергирования газовой фазы позволяет получать объем адсорбированного газа и требуемую продолжительность контакта в достаточно широких пределах. Удельное количество динамически адсорбированного газа может достигать  $100 \text{ дм}^3/\text{м}^3$  насадки.

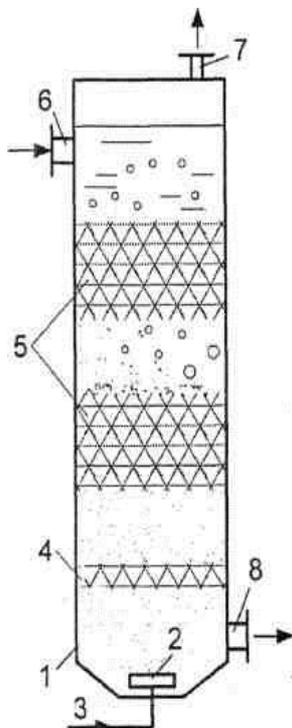


Рис.1. Схема реактора с объемной насадкой

1 - корпус; 2 - диспергаторы газа; 3 - подача озono-воздушной смеси; 4, 5 - модули объемной насадки; 6, 8 - подача и отвод обрабатываемой воды; 7 - отвод отработанной озono-воздушной смеси

Время пребывания пузырьков газа в толще насадки до момента отрыва составляет в среднем 40-70 с. За такой период контакта газовой фазы с водой практически весь озон из газовой фазы переходит в жидкую и реагирует с загрязнениями. Величина порового пространства и размеры прозоров адсорбирующей объемной насадки являются существенными параметрами, которые могут изменяться в определенных пределах. При относительном поровом пространстве (менее 0,7) резко увеличивается коалесценция пузырьков газа, что в свою очередь приводит к снижению удельной поверхности контакта и полноты перехода озона из газовой фазы в жидкую. Величина порового пространства более 0,99 снижает эффективность адсорбции пузырьков газа на поверхности материала насадки. Размеры прозоров насадки должны быть в пределах от 5 до 10 диаметров пузырьков газа. Скорость движения жидкости через модуль адсорбирующей объемной насадки может достигать 55 м/ч, не оказывая существенного влияния на процесс адсорбции пузырьков газовой фазы.

Оптимальная высота модулей объемной насадки зависит от характеристик материала насадки и среднего диаметра пузырьков диспергированного газа. Для гашения скорости струи жидкости на входе в реактор и создания равномерного движения жидкости по сечению реактора рекомендуется предусмотреть распределительную систему или струе-направляющую вставку. Если нижний модуль на рис. 1 (поз. 4) выполнить из материала с установленными в нем объемными модулями. В качестве материала модулей насадки были использованы сетки с диаметром нитей 2 мм. Толщина слоя насадки составляла 1,2 м. Расход озono-воздушной смеси в обоих экспериментах составил 3 л/мин, а концентрация озона в озono-воздушной смеси - 18-20 мг/л. Расход воды изменялся в пределах 2,9-3,1 л/мин. Продолжительность нахождения озонсодержащей газовой фазы в реакторе с насадкой за счет адсорбции газа на объемной структуре в среднем в 4,5 раза больше, чем в реакторе без насадки. Благодаря этому практически весь озон, присутствующий в газовой смеси, успевает перейти в жидкую фазу и прореагировать с загрязнениями воды. По приведенным результатам видно, что использование насадок в барботажном реакторе интенсифицирует процесс очистки воды. Так, эффективность обесцвечивания воды увеличилась в 1,2 раза, степень очистки по показателю ХПК повысилась в 1,4 раза. При этом в 5,4 раза снизилась потеря непрореагировавшего озона, а степень его использования составила в среднем 95,5 %. Эффект достигнут за счет увеличения продолжительности межфазного контакта. Проведено сравнение разработанного реактора с объемной насадкой и известного реактора зашламленного типа, в котором использована плавающая насадка из вспененного полистирола (крупностью 1,7-3 мм и величиной порового пространства 0,36). Исследования были проведены в реакторах одинакового размера. Исходная вода с содержанием текстильных красителей 10 мг/л обрабатывалась озono-воздушной смесью с концентрацией озона 18-20 мг/л.

Применение адсорбирующей объемной насадки, по сравнению со вспененной полистирольной, эффективнее в 1,15 раза по степени очистки воды от красителей и в 1,6 раза по степени использования поданного в реактор озона. Очевидно, недостатком применения зернистых насадок из вспененного полистирола является небольшое поровое пространство и сравнительно низкий процент использования озона. Поэтому для обеспечения необходимого периода пребывания обрабатываемой воды в контактном реакторе требуются значительные его размеры.

### **Реализация ряда мер по повышению технологической безопасности на водопроводной станции «Ново-Сормовская»**

Ново-Сормовская водопроводная станция введена в эксплуатацию в 1958 году. Станция осуществляет подачу воды в Сормовский, Московский, Канавинский и частично Ленинский районы. Источником воды служит река Волга. Проектная производительность 380 000 м<sup>3</sup>/сутки, фактическая 334 000 м<sup>3</sup>/сутки (факт 2013 года). Водозаборные сооружения расположены на реке Волга, в 13 км выше устья реки Ока. Существующие очистные сооружения, состоящие из 4-х секций, построены по проекту «Гипрокоммунводоканал» (рис. 1):

- 1 секция – производительностью 30 000 м<sup>3</sup>/сутки введена в эксплуатацию в 1958 году. В настоящее время 1 секция очистных сооружений выведена из работы;
- 2 секция – производительностью 90 000 м<sup>3</sup>/сутки введена в эксплуатацию в 1966 году;
- 3 секция – производительностью 90 000 м<sup>3</sup>/сутки введена в эксплуатацию в 1975 году;
- 4 очередь – производительностью 100 000 м<sup>3</sup>/сутки введена в эксплуатацию в 1990 году;
- 5-я очередь (2-й блок) очистных сооружений производительностью 100 000 м<sup>3</sup>/сутки пущена в эксплуатацию в 1992-1993 году.

На площадке водозабора расположены следующие сооружения:

- оголовки – 3 шт.;
- насосная станция 1-го подъема № 1;
- насосная станция 1-го подъема № 2.

Речная вода от насосных станций I подъема по 3-м напорным водоводам сырой воды поступает во входные камеры, затем в смеситель, где происходит смешение с реагентами: коагулянт, хлором и флокулянт. После смесителя вода распределяется по секциям очистных сооружений.

На станции запроектирована двухступенчатая схема очистки сырой воды.

I ступень: осветление в отстойниках со встроенными камерами реакции.

II ступень: фильтрование на скорых безнапорных фильтрах.

Затем вода вторично хлорируется и поступает в резервуары чистой воды, откуда насосами станции II подъема по 3-м напорным водоводам подается в город.

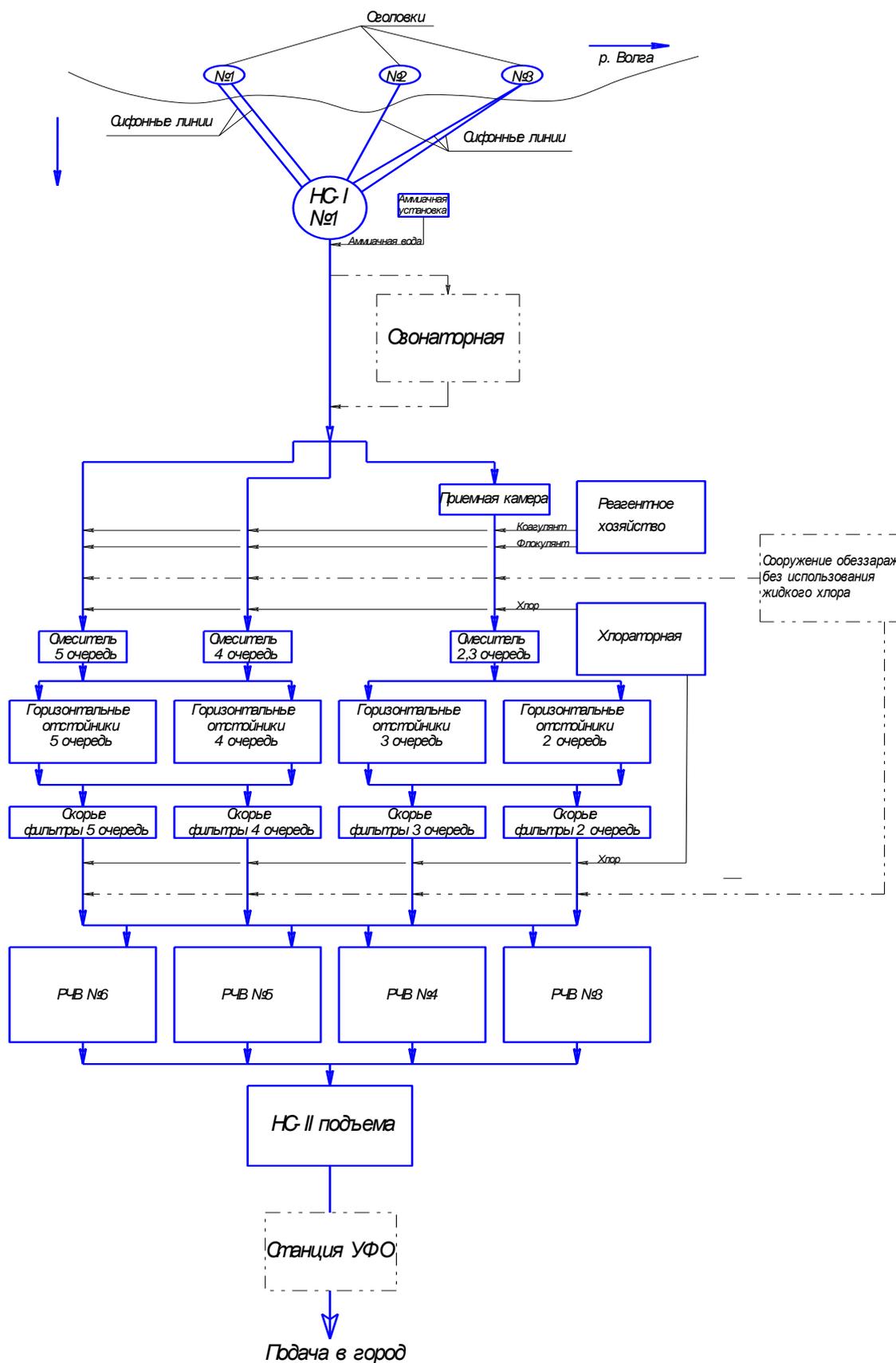


Рис. 1. Общая схема очистных сооружений в/станции «Ново-Сормовская»

Для обеззараживания воды на «Ново-Сормовской» в/ст применяется хлорирование с использованием жидкого хлора, данная технология получила широкое распространение в водопроводной практике, как недорогой и надежный способ устранения из воды болезнетворных микроорганизмов и вирусов, из-за наличия которых вода становится непригодной для питья, хозяйственных нужд или промышленных целей. Для хлорирования воды используется жидкий хлор поставляемый автомобильным транспортом в контейнерах вместимостью 800 л, перед его применением переводится в газообразное состояние.

На станции применяется первичное и вторичное хлорирование, первичное - хлор вводится в воду перед отстойниками - до смесителя. Первичное хлорирование способствует коагуляции, а также обеспечивает хорошее санитарное состояние самих очистных сооружений. Вторичное – после фильтров, перед поступлением в РЧВ.

Расход хлора НСВС за 2013 год составил 326,888 тонн. Среднесуточный расход хлора НСВС за 2013 год составил 895,6 кг.

Хлор наиболее дешевый из применяемых реагентов, но одновременно и самый опасный из них. Хлор является сильно действующим ядовитым веществом (СДЯВ), токсичен, при попадании в лёгкие вызывает ожог лёгочной ткани, удушье. Раздражающее действие на дыхательные пути оказывает при концентрации в воздухе около 6 мг/м<sup>3</sup>. Отравляющее действие хлора известно со времен Первой мировой войны. В связи с возросшей угрозой террористических актов транспортировка и хранение больших объемов хлора в населенной местности приобретает сегодня особую опасность. Удаление мест базирования жидкого хлора из населенных пунктов становится первоочередной задачей в программе мероприятий, проводимых службами ГО и ЧС. Серьезность ущерба, наносимого хлором в случае чрезвычайной ситуации, не сравнимо с затратами, связанными с переходом на обеззараживание воды с применением других, более безопасных, реагентов. Повышение требований к безопасности при транспортировке, хранении и применении хлора, в связи с введением в действие ПБ 09-322-99, стимулировало развитие и внедрение более безопасных методов обеззараживания воды. Что можно сделать, чтобы уйти от использования опасного реагента?

Выбор конкретного способа обработки воды является ответом на решение комплексной задачи, учитывающей уровень промышленной безопасности, технологию обработки воды; стоимость установки (используемого технологического оборудования, средств контроля и автоматизации и пр.); себестоимость обработки 1 м<sup>3</sup> воды или стоков, энергоёмкость способа (кВт-ч/м<sup>3</sup>), влияние качества воды на эффективность обеззараживания и количество используемых водных ресурсов; наличие требуемой инфраструктуры и квалифицированность кадров.

Выбор метода обеззараживания диктуется не только технико-экономическими показателями, но и экологическими требованиями. Используемый метод должен не только обеспечивать нормативное обеззараживание, но и не противоречить требованиям охраны окружающей среды и безопасности людей.

Кроме хлорирования с использованием жидкого хлора существуют и другие способы обеззараживания – озонирование, применение бактерицидных лучей, ультразвука, обеззараживание с применением хлорсодержащих реагентов.

Озонирование – к воде вводится озон, представляющий видоизмененный, состоящий из 3-х атомов  $O_3$  кислород. Добывают искусственным путем из кислорода воздуха, пропускаемого через искровой разрядник озонатора. Не нашел широкого применения, ввиду высокой стоимости, т.к. для получения озона расходуется значительное количество электрической энергии.

Обеззараживание ультрафиолетом – ультрафиолетовое излучение обладает бактерицидными свойствами, способно прекращать жизнедеятельность бактерий в воде, в воздухе, на различных предметах. Вода, подлежащая обеззараживанию, пропускается через аппараты с погружными, либо не погружными лампами и в процессе прохождения подвергается воздействию бактерицидных лучей. Стоимость обеззараживания воды облучением не превышает стоимости обеззараживания воды хлорированием, но эксплуатация устройств проще и безопаснее.

Немаловажным обстоятельством в выборе способа обеззараживания является наличие консервирующего эффекта – способность воды, прошедшей обработку, препятствовать развитию в ней болезнетворных микроорганизмов.

Из всех перечисленных выше способов консервирующий эффект обеспечивается только применением хлора и хлорсодержащих реагентов. Водные растворы гипохлорита натрия стали использоваться для дезинфекции с самого зарождения хлорной промышленности. Благодаря высокой антибактериальной активности и широкому спектру действия на различные микроорганизмы, это средство продолжает удерживаться на рынке дезинфицирующих препаратов и является вторым по объему применения после использования хлора.

Для обеззараживания питьевой воды и промышленно-бытовых стоков, в основном, используется гипохлорит натрия по ГОСТ 11086-86 марка «А».

Организация хозяйства по хранению, растворению и дозированию хлорсодержащих реагентов аналогична организации реагентного хозяйства для коагулянта. Основным достоинством по сравнению с жидким хлором, является значительно большая безопасность транспортировки и применения их на водоочистных станциях.

Для транспортировки товарного гипохлорита натрия широко используются стандартные пластиковые транспортные емкости объемом 1 м<sup>3</sup> (поставка товарного гипохлорита натрия из ОАО «Капролактан» г. Дзержинск на Выборгское МП «Водоканал»), нестандартные стеклопластиковые контейнеры объемом 6 и 8 м<sup>3</sup> (поставка товарного гипохлорита натрия из ОАО «Каустик» г. Волгоград на ВОС ст. Татьяна Красноармейского района г. Волгограда), железнодорожные гуммированные вагон-цистерны (поставка товарного гипохлорита натрия от АК «Азот» г. Новомосковск на МП «Мосводоканал»).

Гипохлорит натрия для обеззараживания питьевой воды используется на таких крупных предприятиях, как ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», Выборгское МП «Водоканал», Смоленское МП «Водоканал», Рублевская водопроводная станция МП «Мосводоканал», Липецкое МП «Водоканал», объектах ВКХ г. Кемерово, МУП г. Всеволожский.

В последние годы все большее распространение получило обеззараживание гипохлоритом натрия, полученным непосредственно на станции водоочистки электролизом солевых растворов.

Электролизер состоит из двух электродов – катода и анода, погруженных в ванну (реактор) с раствором соли или обрабатываемой воды. Электроды подключаются к электрической цепи постоянного тока. В анодной части реактора протекают реакции, продуктами которых являются биоцидные соединения: хлор, хлорноватистая кислота, перекись водорода, озон и другие вещества. В катодной части выделяется водород, окисляются растворенные металлы и образуются щелочи. Применение такого рода установок позволяет использовать высокоэффективное обеззараживающее вещество – газообразный хлор – в безопасных условиях, так как исключается его транспортирование и хранение. Но стоимость хлора, получаемого на водопроводной станции, значительно выше, чем поставляемого химическими заводами, ввиду быстрого изнашивания графитовых электродов, больших удельных расходов соли и электроэнергии.

Для обеззараживания воды в Нижнем Новгороде используются такие современные методы, как первичное озонирование, преаммонизация, ультрафиолетовое облучение. Внедрение технологии обеззараживания воды с применением гипохлорита натрия, отказ от использования жидкого хлора.

По новой технологической схеме исключается предварительное (первичное) хлорирование, вместо этого вводится первичное озонирование, что не исключает хлорирования воды перед поступлением в РЧВ.

По вновь запроектированной схеме сырая вода с насосной станции 1-го подъема подается в контактную камеру озонирования, где производится обработка воды озono-воздушной смесью. Получение озono-воздушной смеси происходит в озоногенераторах, установленных в

помещении озонаторной на перекрытии контактной камеры, откуда она транспортируется к контактной камере по трубопроводу.

На случай ремонта контактной камеры или выхода из строя озонаторной установки предусмотрена возможность подачи речной воды в обход контактной камеры с дополнительной обработкой хлорной водой (по существующей схеме).

После контактной камеры обрабатываемая вода самотеком поступает на смеситель и далее по существующей схеме.

Основные технологические решения по осуществлению процесса озонирования разработаны фирмой «Дегремон Технолоджиз» (Швейцария), которая поставляет основной комплект технологического оборудования.

В связи с постоянным ростом требований к качеству очистки и обеззараживания питьевой воды все острее встает вопрос создания современных систем обеззараживания питьевой воды.

Согласно вышеизложенному, на Ново-Сормовской водопроводной станции как дополнительный метод обеззараживания воды также внедряется технология обеззараживания питьевой воды с использованием ультрафиолетового облучения.

Проектируемая станция УФО предназначена для обеззараживания воды питьевого качества, прошедшей очистные сооружения Ново-Сормовской водопроводной станции и поступающей от насосной станции 2го подъема, позволяя повысить барьерную роль очистных сооружений в отношении устойчивых к хлорированию микроорганизмов.

Вода, прошедшая обеззараживание УФ-облучением, поступает в распределительную сеть города.

В состав станции УФО входят 5 установок типа УДВ-100А800-10-1000-Д (4 рабочие, одна резервная).

Таким образом, реализация проектов по переходу от использования жидкого хлора на гипохлорит натрия, первичное озонирование и ультрафиолетовое облучение в разы повысит технологическую безопасность Ново-Сормовской ВС и поставит процесс водоподготовки на современный уровень.

УДК 711.7-163

Я.К. Крутовский

### **Университетские городки как «доступная среда»**

3 мая 2008 г. вступила в силу Конвенция о правах инвалидов, принятая Генеральной Ассамблеей ООН 13 декабря 2006 г., предусматривающая обязанность стран-участников реализовывать меры по обеспечению инвалидам доступа к информации, объектам социальной

инфраструктуры, получению медицинской помощи, материального обеспечения, образования, а также решению проблем трудоустройства.

Анализируя многолетний опыт организации пространств студенческих городков ведущих университетов мира с многовековой историей, возможно сделать вывод о том, что при их создании «доступность среды» для инвалидов не составляла проблему и не учитывалась вовсе.

В то же время, руководство университетов зарубежных стран задолго до развития процессов глобализации в мировой системе образования и до установления неукоснительной обязательности осуществления соответствующих мер по созданию «доступной среды» осознало их роль не только как меру социальной ответственности, но и как необходимость для дальнейшего развития и успешного конкурентирования. Поэтому многие ведущие западные университеты достаточно давно имеют реализованный комплекс мер по созданию «доступной среды», нередко превышающий нормативно установленный обязательный минимум.

При этом задача по обеспечению доступности для инвалидов была эффективно решена не только на вновь созданных объектах (кампус Университета Суррея 2005 г.), где обязательность исполнения определенных требований обеспечивается силой государственного принуждения. Переустройству успешно подверглись и давно сформировавшиеся кампусы, например Саутгемптонского университета (время застройки территории кампусов – 1910 г.).

В то же время следует отметить, что отечественные образовательные организации в условиях коммерциализации образования и собственной мировой конкурентной непривлекательности не имеют заинтересованности в привлечении малочисленной социальной группы лиц с ограниченными возможностями здоровья к образовательному и научному процессам, что, в свою очередь, потребовало бы немалых затрат на обеспечение доступности соответствующих услуг. При этом Федеральным законом от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» установлено право получения образования всеми лицами, независимо от ограничений возможностей их здоровья. *Инклюзивное образование* – это обеспечение равного доступа к образованию для всех обучающихся с учетом разнообразия особых образовательных потребностей и индивидуальных возможностей. Такой вид образования предполагает, что обучающиеся-инвалиды могут учиться не в специализированном, а в обычном учебном заведении. Это позволит лицу с ограниченными возможностями здоровья влиться в общую среду, преодолеть изолированность от общества.

Собственно создание «доступной среды» – это комплексное организационно-техническое мероприятие, включающее в себя ряд

самостоятельных задач, которые возможно решить как на стадии нового проектирования и строительства, так и в процессе комплексной реконструкции зданий и переустройства территорий давно существующих университетских городков.

Возможно выделить семь основных групп требований к среде, чтобы она стала по-настоящему доступной для маломобильных групп учащихся, а именно:

1. Адаптация существующей и (или) создание специальной инфраструктуры.
2. Применение особых форм и технологий образования.
3. Создание универсальной информационной среды (с применением специализированных устройств).
4. Организация социально-культурной составляющей.
5. Формирование специальных спортивных объектов.
6. Обеспечение возможности медицинского обслуживания и реабилитации.
7. Создание рабочих мест.

Зарубежный опыт показывает, что наиболее востребованной и затратной является создание специальной инфраструктуры, которая, в свою очередь, разделяется на составляющие:

#### *1. Беспрепятственное перемещение по территории кампуса.*

Включает в себя организацию парковочных мест для личного автомобильного транспорта инвалидов, располагаемых вблизи целевых объектов; оборудование зданий и сложных ландшафтов специальными подъемниками; обустройство лестничных маршей такими элементами, как тактильная полоса и ступени с закругленными ребрами; устройство пандусов с нормируемыми параметрами; оборудование лестниц и пандусов ограждениями с дополнительными поручнями; обеспечение беспрепятственных путей перемещения инвалидов при применении (переустройстве) элементов благоустройства территории (в том числе покрытий).

#### *2. Условия для проживания.*

Определяют необходимость создания специализированных жилых помещений с нормируемыми требованиями к планировке и организации пространства; оборудованного совмещенного санитарного узла в номерах; организации системы информационного обеспечения; оснащение зданий и помещений дополнительными инженерными устройствами и оборудованием.

#### *3. Адаптированная учебная среда и пространства общего пользования.*

Предусматривает организацию и обустройство путей движения инвалидов (в том числе маломобильных) в учебных помещениях и путей

эвакуации здания, учебных мест, рассчитанных на одного обучающегося, санитарных узлов; применение информационных и предупреждающих устройств, средств и систем; определенную комплектацию и расстановку учебного, научного и вспомогательного оборудования.

Повышение качества архитектурной среды кампусов достигается при соблюдении *доступности, безопасности, удобства и информативности* территории, зданий и помещений для нужд инвалидов и других маломобильных групп населения без ущемления соответствующих прав и возможностей других людей, использующих те же объекты.

Во многом уникальным отечественным примером в создании «доступной» образовательной среды явился вновь созданный кампус Дальневосточного федерального университета на острове Русский, в котором нашли решение все семь обозначенных в настоящей статье задач.

#### Литература

1. Федеральный закон от 24 ноября 1995 г. № 181-ФЗ «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации».

2. СП 35-101-2001. Проектирование зданий и сооружений с учетом доступности для маломобильных групп населения. Общие положения: свод правил по проектированию и строительству: одобрен и рекомендован к применению постановлением Госстроя России от 16 июля 2001 г. № 70. – М., 2003. – 38 с.

3. СП 35-105-2002. Реконструкция городской застройки с учетом доступности для инвалидов и других маломобильных групп населения: свод правил по проектированию и строительству: одобрен и рекомендован к применению постановлением Госстроя России от 19 июля 2002 г. №89. – М., 2003. – 42с.

4. СП 59.13330.2012. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения: свод правил, актуализированная редакция СНиП 35-01-2001: утв. приказом Минрегиона России от 27 декабря 2011 г. № 605: дата введ. 01 января 2013. – М., 2013. – 77с.

5. РДС 35-201-99. Порядок реализации требований доступности для инвалидов к объектам социальной инфраструктуры: руководящий документ системы: утв. совместным постановлением Госстроя России и Минтруда России от 22 декабря 1999 г. № 74/51: взамен РДС 35-201-98: дата введ. 22.12.99. – М., 2000. – 14 с.

### Определение коэффициента действительной экономии тепловой энергии в многоквартирных жилых домах с поквартирными системами отопления

Современное проектирование систем отопления многоквартирных жилых домов (МЖД) предполагает возможность экономии тепловой энергии за счет учета в их работе внутренних теплоизбытков  $Q_{\text{быт}}$ , Вт, и снижения поддерживаемой температуры внутреннего воздуха в помещениях  $t_{\text{в}}$ , °С, в период отсутствия в них людей с нижней границы интервала оптимальных значений  $t_{\text{в}} = 21$  °С до допустимой величины  $t_{\text{в}} = 15$  °С [1] в нерабочее время (при отсутствии людей). Тепловой баланс жилого помещения МЖД в общем виде выглядит следующим образом:

$$Q = \pm Q_0 + Q_{\text{в}} - Q_{\text{быт}}, \text{ Вт}, \quad (1)$$

где  $Q_0$  – потери теплоты и теплопритоки через наружные и внутренние ограждения, Вт;  $Q_{\text{в}}$  – теплопотери на нагрев инфильтрующегося воздуха, Вт;  $Q_{\text{быт}}$  – принимаются равными  $10 \text{ Вт/м}^2$  [2].

Потери теплоты через ограждения  $-Q_0$  и теплопритоки  $+Q_0$  определяются по формуле:

$$Q_0 = \Sigma \frac{A_i}{R_i^{\text{пр}}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) (1 + \Sigma \beta), \text{ Вт}, \quad (2)$$

где  $A_i$  – площадь наружного ограждения,  $\text{м}^2$ ;  $R_i^{\text{пр}}$  – приведенное сопротивление теплопередаче,  $\text{м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$ ;  $t_{\text{н}}$  – температура воздуха за ограждением (наружная и в смежных помещениях), °С;  $\Sigma \beta$  – коэффициент неучтенных добавочных теплопотерь, доли.

Расчетные потери теплоты на нагрев вентиляционного (инфильтрационного) воздуха  $Q_{\text{в}}$  определяется по формуле:

$$Q_{\text{в}} = 0,278 L_{\text{в}} c_{\text{в}} \rho_{\text{ср}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}), \text{ Вт}, \quad (3)$$

где  $L_{\text{в}}$  – расход приточного воздуха,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ,  $c_{\text{в}}$  – удельная теплоемкость воздуха,  $\text{кДж/кг} \cdot \text{°С}$ ,  $\rho_{\text{ср}}$  – средняя плотность наружного и внутреннего воздуха,  $\text{кг/м}^3$ .

Современная регулирующая арматура предполагает наличие в обвязке отопительного прибора клапанов с термостатической головкой [3], в задачу которых входит поддержание температуры  $t_{\text{в}}$ , согласно заданной настройке  $N = 1 \dots 4$  (рис. 1). Кроме того, в МЖД с поквартирным отоплением, газовые котлы предусматривают в своей конструкции собственные средства автоматического регулирования температуры приготавливаемого теплоносителя с целью поддержания требуемой  $t_{\text{в}}$  по

датчику температуры внутреннего воздуха или датчику температуры обратного теплоносителя.

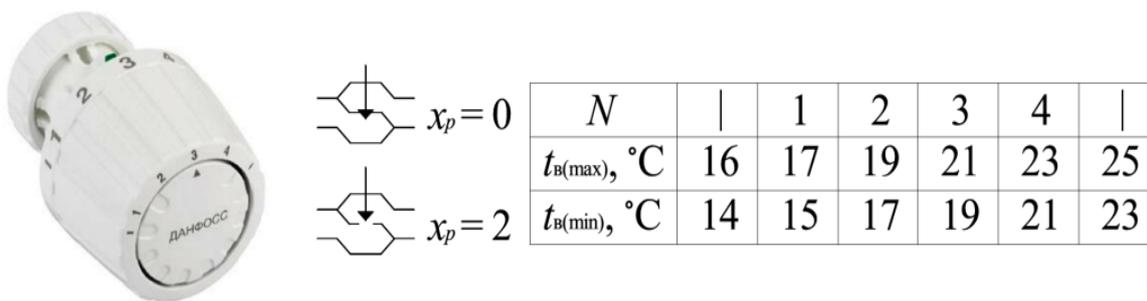


Рис. 1. Настройка термостатического элемента клапана с термоголовкой:  $x_p$  – степень открытия термостатического клапана;  $t_{в(min)}$  – минимальная температура для заданной настройки,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_{в(max)}$  – максимальная температура для заданной настройки,  $^\circ\text{C}$ ;  $N$  – заданная настройка

Таким образом, проживающий собственник имеет возможность опускать температуру воздуха в помещении до допустимого уровня ( $t_{в} = 15^\circ\text{C}$ ) в нерабочее время (уходя на работу, уезжая в отпуск, командировку). В то же время жильцы остальных квартир (смежных в горизонтальной и вертикальной плоскостях с рассматриваемой) продолжают использовать свой газовый котел в рабочем режиме ( $t_{в} = 21^\circ\text{C}$ ), что приводит к нерасчетным потерям тепловой энергии в помещениях, работающих в рабочем режиме, которые автоматически компенсируются либо открытием термостатических клапанов отопительных приборов ( $x_p$ ), либо увеличением теплопроизводительности индивидуального газового теплогенератора. Как результат, повышается расход сжигаемого природного газа, и увеличиваются счета за коммунальные услуги у потребителей, которые вызваны не их собственными потребностями в тепловой энергии, а экономией соседей за их счет. Для оценки действительной экономии тепловой энергии в квартире с индивидуальным поквартирным отоплением от газовых котлов, нами был введен коэффициент действительной экономии тепловой энергии:

$$k_d = \frac{+Q_o}{-Q_o}. \quad (4)$$

Коэффициент  $k_d$  был получен нами для осредненной двухкомнатной квартиры на промежуточном этаже МЖД, при различном сопротивлении теплопередаче наружных и внутренних стен, для различных средних за отопительный период температур наружного воздуха  $t_{co}, ^\circ\text{C}$ , при  $t_{в} = 15^\circ\text{C}$  и температуре воздуха в смежных помещениях  $t_{cm} = 21^\circ\text{C}$ .

Как видно из рисунка 2, величина теплопритоков в среднем за отопительный период от смежных помещений может быть больше величины теплопотерь через наружные ограждения и на нагрев воздуха в 1-3,2 раза в зависимости от приведенного сопротивления теплопередаче

внутренних и наружных ограждений, т.е. установка термостатических клапанов не только не позволяет экономить тепловую энергию в помещениях в течении отопительного периода, но и является источником дополнительных теплопотерь для всего здания в целом.

Данный режим работы характерен для квартир купленных арендодателями и риэлтерскими конторами в период отсутствия в них жильцов и для квартир с жильцами, имеющими низкий порог комфортной температуры ( $t_b \approx 16-17^\circ\text{C}$ ). На рисунке 3 приведен сводный график зависимости коэффициента  $k_d$  от осредненного приведенного сопротивления теплопередаче наружных ограждений. Как видно из рисунка 3, чем ниже средняя температура наружного воздуха за отопительный период, тем меньше тепловой энергии по сравнению с теплопотерями отбирает рассматриваемая квартира у смежных помещений.

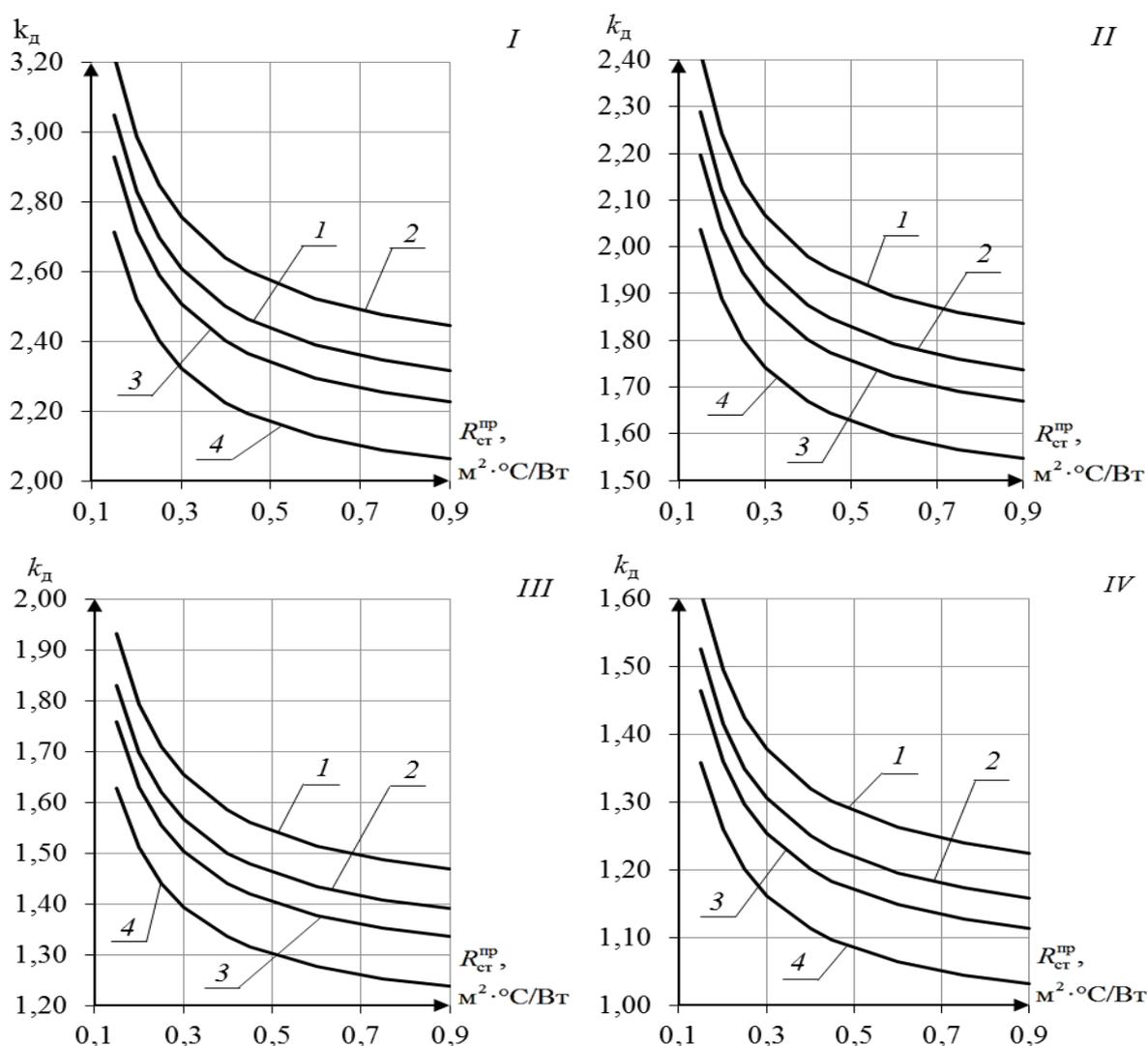


Рис. 2. Коэффициент  $k_d$  в зависимости от приведенного сопротивления теплопередаче внутренних перегородок  $R_{ст}^{np}$  при приведенном сопротивлении теплопередаче наружных стен  $R_{нар.ст}^{np}$ ,  $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ : 1 – 3,5; 2 – 2,0; 3 – 1,5; 4 – 1,0; I – при  $t_{co} = 0^\circ\text{C}$ ; II –  $t_{co} = -5^\circ\text{C}$ ; III –  $t_{co} = -10^\circ\text{C}$ ; IV –  $t_{co} = -15^\circ\text{C}$

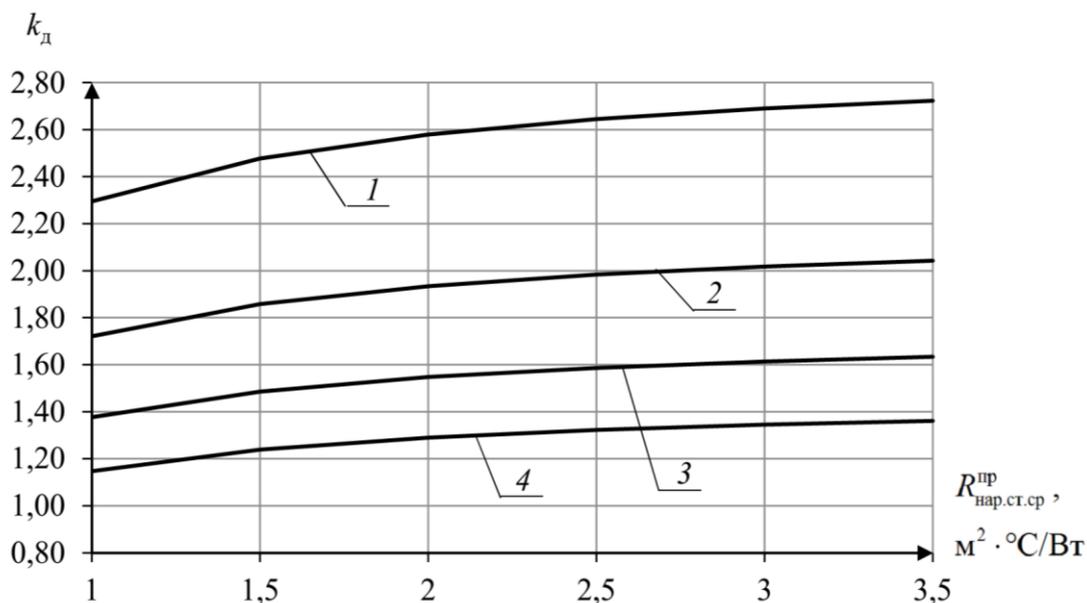


Рис. 3. Коэффициент  $k_d$  в зависимости от осредненного приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен  $R_{нар.ст.сп}^{пр}$  при средней за отопительный период температуре наружного воздуха: 1 –  $0^\circ\text{C}$ ; 2 –  $-5^\circ\text{C}$ ; 3 –  $-10^\circ\text{C}$ ; 4 –  $-15^\circ\text{C}$

По полученным данным видно, что применение систем с поквартирным отоплением в МЖД требует иных, более высоких допустимых минимальных температур внутреннего воздуха  $t_v$  в помещениях. Кроме того, потребление газа и счета за него при конструировании поквартирных систем отопления не зависит на прямую от установленной температуры внутреннего воздуха жильцом, а является результатом общего сводного баланса всех квартир секции МЖД. Данное ограничение делает применение поквартирных систем отопления непредсказуемыми как с точки зрения поддержания санитарно-гигиенических норм, так и с точки зрения энергопотребления. Сходные ограничения накладываются и на любую центральную систему отопления с термостатическими клапанами, т.к. блокировка их настройки является условной и может меняться жильцом с помощью типового ключа предварительной настройки, доступного к покупке в любом магазине производителя арматуры [4].

#### Литература

1. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях, М.: Стандартинформ, 2013. – 15с.
2. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М.: ФАУ «ФЦС», 2012. – 95 с.
3. Паспорт «Терморегуляторы (клапаны терморегулирующие) типа КТК-У1 (КТК-U1), КТК-У2 (КТК-U2) с термостатическим элементом типа RA 2974» от 01.06.2012 № 1 // Danfoss, 2012. – 10 с.
4. Каталог «Австрийское сердце инженерных систем» // ООО «Герц Инженерные системы», 2012. – 68 с.

### **«Безбарьерная среда» при реконструкции объектов культурного наследия**

Несмотря на всю привлекательность объектов культурного и природного наследия, существует ряд проблем с обеспечением условий для полноценного доступа к ним маломобильных групп населения. Вопрос специального оснащения объектов культурного наследия для людей с ограниченными возможностями стоит сегодня довольно остро. Главной причиной возникновения трудностей при создании «безбарьерной среды» является сохранение такого критерия исторической среды, как аутентичность. Однако, если при реконструкции отдельных зданий и сооружений возникает такая сложность, как изменение исторических конструкций и отдельных деталей интерьеров, то при ревалоризации ландшафтных объектов данный вопрос практически полностью решается за счет природных ресурсов.

Выполнение мероприятий по благоустройству ландшафтных объектов обеспечивает условия для комфортного пребывания в них людей с ограниченными возможностями. Данные мероприятия включают в себя:

- разбивку и трассировку пешеходных аллей и дорожек, а также выполнение допустимых уклонов и смену видов покрытий;
- санацию зеленых насаждений;
- санитарные рубки и чистки в целях оздоровления зеленых насаждений и др.

Проблемам проектирования доступной среды для маломобильных групп населения посвящено большое количество фундаментальных трудов. Данные работы содержат как инженерно-технические, так и гуманитарные научные исследования, что обуславливает их междисциплинарный характер и затрагивает такие отрасли наук, как биологические, медицинские, психологические, социологические, архитектурные, технические и др. Данные труды способствовали разработке особых требований, призванных адаптировать территории объектов культурного наследия для использования маломобильными группами населения:

- все здания и сооружения, используемые людьми с ограниченными возможностями, должны иметь не менее одного доступного для них входа, который при необходимости должен быть оборудован пандусом или другими устройствами (подъемными устройствами наклонного или вертикального перемещения);

- все лестницы на пути движения человека с ограниченными способностями должны быть продублированы пандусами или подъемниками;

- дорожные покрытия на территориях объектов культурного и природного наследия должны быть выполнены из противоскользящих и противобуксовочных материалов;

- уклоны пешеходных дорожек и тротуаров не должны превышать: продольный - 5%, поперечный - 1-2%;

- ширина пешеходных дорожек и тротуаров предусматривается не менее 1,8 м, для разезда двух инвалидов на креслах-колясках;

- благоустройство территории на сложном рельефе необходимо предусматривать с устройством серпантинных трасс с уклонами в допустимых пределах, а также использование пандусов и различных подъемных устройств, как стационарных, так и мобильных;

- в местах пересечения пешеходных путей с проезжей частью улиц и дорог должен быть предусмотрен пониженный бордюр достаточной ширины (не менее 900 мм) и с безопасной высотой бортовых камней (не менее 2,5 см);

- на территориях объектов культурного наследия вдоль пешеходных дорожек и тротуаров, предназначенных для передвижения, следует предусматривать места отдыха со скамейками (25-100 м), поверхность таких площадок должна отличаться от поверхности дорожек, при этом парковая мебель должна обеспечивать возможность отдыха как инвалидов с недостатками зрения, так и инвалидов, передвигающихся на креслах-колясках.

Существует практика создания «безбарьерной среды» при реконструкции и ревалоризации объектов культурного наследия, которая ведется почти во всех странах мира. Для этого производится большая и дорогостоящая работа по адаптации исторической среды для людей с ограниченными способностями. Как показывает зарубежный опыт, особенно в Европе и США, созданию «безбарьерной среды» для людей с ограниченными возможностями уделяется особое внимание. Одним из лидеров в этом является Германия. Здесь, наряду с высоким уровнем необходимой инфраструктуры, масштабно развита именно организация отдыха физически ограниченных людей. Помимо этого, здесь сохраняется принцип непрерывности безбарьерной среды, обеспечивающий передвижение как к отдельным зданиям (эпизодический), так и по всей территории.

Наряду с крупными зарубежными городами ярким примером создания такой среды при реконструкции объектов культурного и природного наследия является город Кулдига, Латвия. В 2008 году город получил знак Европейского наследия, после, в 2011 долина реки Вента старого города Кулдиги внесена в список объектов Всемирного Наследия ЮНЕСКО. В основу реконструкции города положено сохранение культурно-исторического наследия, а также непрерывность создания безбарьерной среды. Для свободного передвижения по всему городу тротуар находится выше проезжей части не более чем на два

сантиметра. На пешеходных дорожках выполнены необходимые уклоны. В местах сложного рельефа, а также там, где выполнение его невозможно - устроены пандусы.

На территории Нижегородской области расположено множество усадебно-парковых комплексов, обладающих потенциалом для создания «безбарьерной среды». Примером может служить усадьба Верховского в деревне Морозиха Ветлужского района. Природные ресурсы способствуют созданию благоприятной рекреации всех групп населения. Склон к реке Ветлуге обладает возможностью создания на нем серпантинных трасс для пешеходного движения с допустимыми уклонами и покрытиями. Также, по бровке склона, может быть создана набережная с видовыми площадками для отдыха. Так как многие здания и сооружения данного усадебно-паркового комплекса выходят на склон к реке, главные входы (с приречной территории) можно продублировать входами с противоположной стороны, оборудованными пандусами.

Таким образом, на территориях ансамблей, сочетающих как исторические здания и сооружения, так и обширную парковую территорию проблема создания доступной среды практически полностью решается в соответствии с нормативными требованиями. Благоустройство территории предусматривает необходимые условия для комфортного и беспрепятственного движения и отдыха маломобильных групп населения, а также удобный подход и подъезд к зданиям и сооружениям. Решение данной задачи необходимо применять при реконструкции усадебно-парковых комплексов Нижегородской области, развивая туристическую базу для людей с ограниченными способностями.

#### Литература

1. Майзель, Г.В. Классификация реабилитационной и адаптационной оргтехники для создания безбарьерной среды жизнедеятельности людям с нарушениями статодинамических функций [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.know-house.ru/no\\_barrier/](http://www.know-house.ru/no_barrier/).

2. Рейтинг доступности музеев Подмосковья: Инвалидам должно быть удобно [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://ria.ru/sn\\_urban/20130722/951266398.html](http://ria.ru/sn_urban/20130722/951266398.html).

3. СП 35-105-2002. Реконструкция городской застройки с учетом доступности для инвалидов и других маломобильных групп населения [Текст]: утв. ЦНИИП градостроительства 20.12.2001 : дата введ. 19.07.2002 - М. : ЦНИИП градостроительства, 2002.

### **Анализ возможности применения реагентов в системах подготовки воды питьевого качества**

Подача потребителям г. Нижнего Новгорода воды высокого качества является одной из самых важных задач ОАО «Нижегородский водоканал». Для реализации этой задачи воду подвергают очистке и обеззараживанию и далее по водопроводной сети подают потребителям. Одним из направлений минимизации риска вторичного загрязнения воды в водопроводной сети является применение реагентных технологий, в том числе направленных на удаление коррозионных налетов труб.

На регулярной основе подразделениями водоканала, отвечающими за процесс водоподготовки, проводится мониторинг рынка для выявления новых реагентов и их анализ на предмет целесообразности применения.

В данной статье излагается опыт предприятия в части вопросов, возникающих при выборе реагентов для водоподготовки, на примере реагента Сиквест. В ходе проведенного анализа возможности применения данного реагента было выделено восемь основных несоответствий.

1. В результате анализа представленных документов на реагент выявилось отсутствие свидетельства о государственной регистрации для использования в водопроводных сетях на территории РФ, что нарушает требования раздела 1, п.3 и раздела 3 Единого перечня товаров, подлежащих санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) на таможенной границе и таможенной территории таможенного союза, утвержденного Решением Комиссии таможенного союза от 28.05.2010 г. №229, которые предписывают наличие государственной регистрации для реагентов, используемых в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения.

2. Поставщиком не разглашается информация о составе реагента Сиквест. Отсутствие информации не позволяет оценить содержание остаточного количества реагента в питьевой воде после его применения, что противоречит требованиям п. 2.1 СанПиН 2.1.2652-10 и оценить возможность соединения остаточного количества реагента с другими веществами, находящимися в питьевой воде.

3. В ходе проведения реагентной водоподготовки на водопроводных станциях осуществляется введение в воду хлора, аммиака, озона, коагулянта, флокулянта. Отсутствие информации о составе реагента не позволит проанализировать и подтвердить (либо опровергнуть) для Управления Роспотребнадзора по Нижегородской области необходимость использования дополнительных реагентов, вводимых в питьевую воду, подаваемую населению.

4. Поскольку данный реагент в ходе его использования будет применяться в питьевом водоснабжении, его необходимо включить в

перечень продукции, подлежащей верификации. Верификацию продукции осуществляют лаборатории предприятия путем осуществления входного контроля. Контролируемые параметры и методики их определения должны быть прописаны в ТУ на этот материал, что предусмотрено п.5.5 ГОСТ 24247-2013, согласно которому перечни продукции, подлежащей верификации, должны содержать обозначение НД, требованиям которой должна соответствовать продукция, контролируемые свойства, параметры.

5. В соответствии с п.5.1 МУ 2.1.4.2898-11 при санитарно-эпидемиологических исследованиях реагентов, применяемых для водоочистки и водоподготовки (коагулянты, антинакипины, диспергаторы, антикоррозионные средства, стабилизаторы и др.), основными критериями безопасности являются их гигиенические нормативы (ПДК) в воде при наличии методики определения с нижним пределом измерения «меньше» или «равно» 0,5 ПДК. В соответствии с п.5.4 МУ 2.1.4.2898-11 должна быть указана величина ПДК реагента, максимальная рабочая доза в водоподготовке, допустимая величина остаточного количества в воде, допустимые химические показатели, подлежащие контролю в очищенной воде и/или в реагенте, ТУ и какой-либо другой документ, где прописано все вышеперечисленное. Поставщиком необходимые сведения не представлены, что затрудняет осуществление на практике процедуры входного контроля.

6. Согласно руководству по применению реагента Сиквест первую промывку труб нужно производить через 30 дней после начала использования реагента, последующие промывки – с периодичностью в 30 дней. Также в примечании содержится предупреждение, что из-за высоких доз Сиквеста вода будет очень загрязненная и окрашенная. Это означает, что в течение 30 дней у потребителя из крана будет идти питьевая вода с содержанием железа, превышающим ПДК.

7. По информации от поставщика, при использовании реагента Сиквест в водопроводной сети может иметь место потеря остаточного хлора и вероятность обнаружения в воде бактериологических загрязнений (колиформа) – бактерии группы кишечной палочки, что может привести к вспышке заболеваемости в городе.

8. Анализ применения данного реагента показал, что годовой бюджет, необходимый на его использование согласно представленному руководству в разы превышает бюджет, используемый на приобретение химических реагентов для водоподготовки, что приведет к увеличению тарифа. В результате себестоимость очистки воды увеличится.

На основании представленных данных и проведенных анализов можно сделать вывод о нецелесообразности применения рассматриваемого реагента на водопроводной сети г. Н. Новгорода в сложившейся ситуации (несмотря на заявленную высокую эффективность самого процесса очистки), поскольку его использование может привести к таким важным последствиям, как ухудшение качества воды на неопределенное время и рост себестоимости воды.

### Учет возникновения деформаций ползучести деревянного изгибаемого элемента при усилении углеволокном

Иностранные исследования в области деревянных конструкций говорят о возможности применения армирования композитными материалами на основе углеродного волокна с целью восстановления, а в ряде случаев увеличения несущей способности [1-4]. Область применения армирования распространяется как на производство новых конструкций, с целью снижения расхода древесины, уменьшения влияния пороков на несущую способность и т.д., так и на усиление существующих конструкций.

При использовании углеволокна с целью увеличения несущей способности на действие изгибающего момента, углеволокно располагается преимущественно в нижней зоне сечения, сцепление с поверхностью деревянной конструкции выполняется посредством клеевого шва на эпоксидной основе. Схема данной системы усиления приведена на рисунке 1.

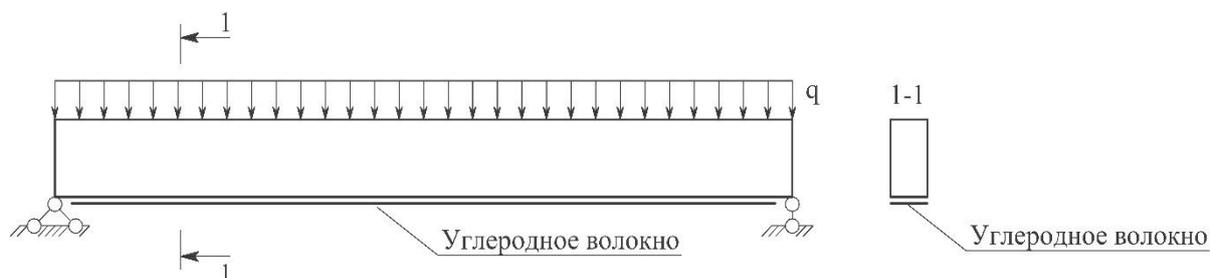


Рис. 1. Расчетная схема деревянного элемента усиленного углеволокном

В основу метода расчета изгибаемых деревянных элементов, усиленных углеволокном на действие нормальных напряжений, иностранными исследователями Т. Nowak, J. Jasięko положен метод расчета по приведенному сечению [4].

При расчете по данному методу рассматривается приведенное однородное сечение, в котором площадь сечения арматуры заменяется площадью сечения древесины. Расчет армированной деревянной конструкции ведется по первой стадии напряженно-деформированного состояния, и принимаются следующие допущения: дерево работает упруго, а зависимость между напряжениями и деформациями линейная согласно закону Гука; нормальные к продольной оси сечения плоские до изгиба остаются плоскими после изгиба, т.е. справедлива гипотеза плоских сечений; связь между арматурой и древесиной непрерывна по длине и обеспечивает их полную совместную работу на весь срок эксплуатации [4,9].

Аналогичный подход использовался отечественными авторами В. Ю. Щуко, С. И. Рощиной, и т. д. при расчете армированных деревянных конструкций стальной, а также стеклопластиковой арматурой. Результаты исследований приведены в работах [7-9].

Приведенные выше методы расчета описывают напряженно-деформированное состояние изгибаемого армированного деревянного элемента на всех этапах нагружения вплоть до разрушения, в тех случаях, когда деревянный элемент в момент нанесения армирующего слоя не испытывает напряженно-деформированного состояния. Сюда относятся армированные деревянные конструкции заводского изготовления.

При производстве работ по усилению существующих деревянных конструкций, когда деревянный элемент в момент нанесения армирующего слоя находится под нагрузкой, расчет должен выполняться по деформационной модели, и необходимо учитывать напряженно-деформированное состояние конструкции до усиления. В таком случае расчет усиленной конструкции разбивается на два этапа.

На первом этапе производится расчет напряженно-деформированного состояния конструкции, без учета системы усиления, на нагрузки, действующие на нее до усиления. В результате расчета определяется значение начальной относительной деформации растянутой грани сечения  $\varepsilon^0$ , которое затем учитывается на втором этапе расчета.

На втором этапе производится расчет по прочности на действие нормальных напряжений изгибаемого деревянного элемента с учетом системы усиления и начального напряженно-деформированного состояния конструкции.

В случае эксплуатации деревянных конструкций длительное время, до момента производства работ по усилению, в деревянном элементе помимо упругих деформаций возникают также деформации ползучести, которые не исчезают даже при выполнении полной разгрузки конструкции. При расчете системы усиления деревянных изгибаемых элементов углеволокном по нормальным напряжениям, необходимо также учитывать деформации, вызванные ползучестью древесины.

Для описания процессов ползучести древесины авторами Щуко, Рощиной при исследовании армированных деревянных конструкций использовалась теория упругой наследственности, а также принцип Вольтерра, позволяющий записать решение любой задачи теории ползучести, если известно решение упруго-мгновенной задачи [7]. Для этого необходимо входящие в решение упруго-мгновенной задачи упругие постоянные заменить соответствующими операторами, учитывающие влияние ползучести. Тогда в области затухающей ползучести закономерность развития деформаций древесины во времени будет описана следующей формулой:

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma(t)}{E} + \frac{1}{E} \int_0^t K(t-\tau) \cdot \sigma(\tau) d\tau \quad (1)$$

где  $K(t-\tau)$  – функция (ядро ползучести), характеризующая влияние напряжения  $\sigma(\tau)$ , приложенного в момент времени  $\tau$  на величину деформации в момент  $t$ . Вид функции влияния  $K(t-\tau)$  зависит от вида экспериментальных кривых ползучести материалов.

Простейшим ядром интегрального уравнения (1), применимым для древесины, является затухающая экспоненциальная функция:

$$K(t-\tau) = A_1 \cdot e^{-\alpha_1(t-\tau)} \quad (2)$$

где  $A_1$  и  $\alpha_1$  – постоянные коэффициенты, определяемые экспериментально.

Экспоненциальное ядро вида (2) недостаточно хорошо описывает ползучесть древесины в начальный небольшой промежуток времени, зато хорошо согласуется с опытом при больших значениях  $t$ , что важно для практики. Для учета работы деревянного элемента под нагрузкой до момента нанесения армирующего слоя углеволокна, а также учет образования остаточных деформаций после разгрузки деревянного элемента, необходимо выстроить ядро ползучести, которое будет учитывать все данные обстоятельства.

Уравнение модели тела Бюргера для описания деформации древесины используют зарубежные авторы. Эта модель состоит из последовательного упругого, эластического и вязкого элементов.

При нагружении постоянной силой тело Бюргера получает мгновенную упругую деформацию, а затем, с течением времени, в нем развиваются как эластические, так и вязкие деформации. При снятии нагрузки мгновенно исчезает упругая деформация, а затем эластическая с течением времени. Однако полностью общая деформация не исчезает: развившаяся в теле вязкая деформация имеет необратимый характер. График деформирования деревянного элемента в течение времени под действием постоянной нагрузки, а также после ее снятия показан на рисунке 2. Модель тела Бюргера показана на рисунке 3.

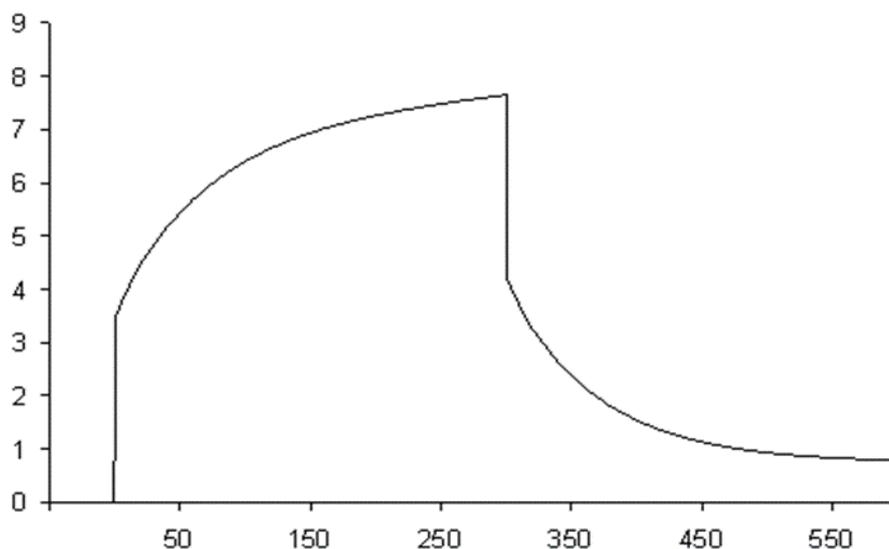


Рис. 2. График деформирования деревянного элемента под нагрузкой в течение времени

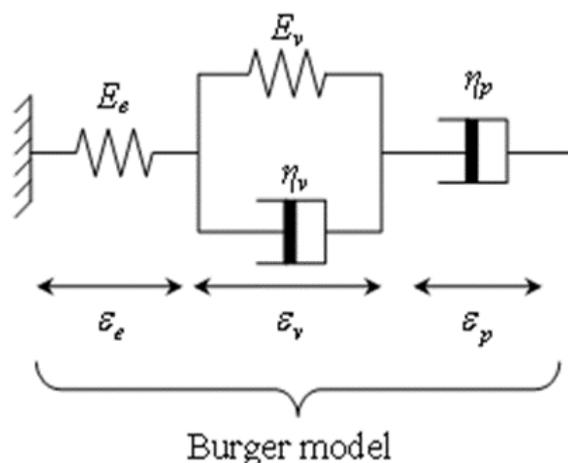


Рис. 3. Модель тела Бюргера

Математическая модель тела Бюргера будет иметь вид:

$$\varepsilon = \varepsilon_e + \varepsilon_v + \varepsilon_p \quad (3)$$

где  $\varepsilon_e$  – относительная упругая деформация;  
 $\varepsilon_v$  – относительная эластическая деформация;  
 $\varepsilon_p$  – относительная вязкая деформация.

Закон развития деформаций в течении времени будет иметь вид:

$$\varepsilon = \sigma \cdot \left( \frac{1}{E_1} + \frac{\tau}{\eta_1} + \frac{e^{\frac{E_2 \cdot \tau}{\eta_2}} - 1}{E_2 \cdot e^{\frac{E_2 \cdot \tau}{\eta_2}}} \right) \quad (4)$$

где  $E_1$  – мгновенный модуль упругости (модуль упругости первого рода);  
 $\eta_1$  – коэффициент вязкости (коэффициент внутреннего трения);  
 $E_2$  – запаздывающий модуль упругости (модуль упругости второго рода);  
 $\eta_2$  – коэффициент эластичности;  
 $\sigma$  – напряжение.

В настоящее время производятся научные изыскания для поиска решения по учету в методике расчета деревянного армированного элемента остаточных деформаций, образовавшихся в процессе эксплуатации конструкции, до момента производства работ по усилению.

#### Литература

1. Ahmad, Y. Ductility of Timber Beams Strengthened Using Fiber Reinforced Polymer / Y. Ahmad // Journal of Civil Engineering and Architecture. – 2013. – Vol. 7, №. 5. – P. 535-544.
2. Brunner, M. Strengthening timber beams with prestressed artificial fibres: development of a suitable adhesive technology / M. Brunner, M. Schnueriger // COST E29 Symposium Florence. – 2004. – P. 44-50.
3. Jacob, J. Flexural Strengthening of Glued Laminated Timber Beams with Steel and Carbon Fiber Reinforced Polymers: Master's Programme

Structural Engineering / J. Jacob, O. L. G. Barragan ; Chalmers University of Technology. – Göteborg, Sweden, 2007. – 164 p.

4. Nowak, T. Analiza pracy statycznej zginanych belek drewnianych wzmacnianych przy użyciu cfrp: Praca doktorska / T. Nowak ; dr hab. inż. J. Jasieńko ; Politechnika Wroclawska Instytut Budownictwa. – Wrocław, 2007. – 190 p.

5. Крицин, А. В. Исследование деревянных элементов, усиленных углеродным волокном, при статическом изгибе / А. В. Крицин, А. В. Тихонов, Д. М. Лобов // Приволжский научный журнал. – 2012. – №4 (24). – С. 55-60.

6. Лобов, Д. М. Особенности армирования деревянных элементов, усиленных углеродным волокном, при статическом изгибе / Д. М. Лобов, А. В. Крицин, А. В. Тихонов // Известия КГАСУ. – 2013. – №2 (24). – С. 132-138.

7. Рощина, С. И. Расчет деформаций изгибаемых армированных деревянных элементов с учетом ползучести / С. И. Рощина, В. И. Римшин // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2011. – № 1 (34). – С. 121-124.

8. Рощина, С. И. Армированные деревянные конструкции / С. И. Рощина, М. С. Сергеев, А. В. Лукина // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2013. – № 4. – С. 80-85.

9. Щуко, В. Ю. Клееные армированные деревянные конструкции: учеб. пособие / В. Ю. Щуко, С. И. Рощина. – СПб.: ГИОРД, 2009. – 128 с.

УДК 628.2 (470.341-25)

Б.Н. Лысенков

### **Повышение технико-экономической эффективности работы канализационных насосных станций**

Главная насосная станция (ГНС) в г. Нижнем Новгороде предназначена для перекачки хозяйственно-бытовых, ливневых и производственных сточных вод на очистные сооружения биологической очистки станции аэрации.

Строительство Главной насосной станции общей производительностью 250-300 тыс.куб.м. в сутки проводилось с 1970 г. до 1974 г. на основании разработанного проекта МЖКХ институтом ГИПРОКОММУНВОДОКАНАЛ г. Москва.

В состав ГНС входит приемный резервуар шахтного типа, диаметром 18,0 м, глубиной 11,5 м и объемом 1147 м<sup>3</sup>, выполненный из железобетона, 2-х канальных шиберов и механизированных дуговых решеток и граблей, предназначенных для удаления крупных отходов.

В машинном зале, расположенном отдельно от приемного резервуара, на глубине 6,0 м относительно поверхности земли находятся основные насосные агрегаты, система вакуумирования и дренажа.

По проекту было установлено 6 ед. насосных агрегатов 1ГРТ-4000/71 (производительность насоса – 4000 м<sup>3</sup>/час, напор – 71м, электродвигатель мощностью-1200 кВт/час, изготовитель – Белоруссия). Пуск первой очереди насосных агрегатов №1, №2, №3 состоялся в августе 1974 года.

Регулирование производительности насоса 1ГРТ-4000/71 при постоянной частоте вращения ротора электродвигателя обеспечивается дросселированием (регулирование напорной задвижкой).

В связи с моральным и физическим износом основного насосного оборудования на ГНС принято решение о проведении реконструкции – замене старых насосов на новые современные, более эффективные и экономичные по потреблению электроэнергии и эксплуатационным затратам.

В рамках реконструкции 3 ед. насосного оборудования на ГНС и запуск в работу в январе 2015 г. первого насосного агрегата НМФ1-70.81С (производительность насоса – 4200 м<sup>3</sup>/час при напоре – 25 м, электродвигатель мощностью – 400 кВт/час, производитель PENTAIR-Голландия) в автоматизированном режиме с использованием частотно-регулируемого привода. В данной статье проведен анализ алгоритмов автоматизированной системы управления технологическим процессом.

Автоматизированная система управления технологическими процессами Главной насосной станции (АСУТП ГНС) выполняет следующие функции.

#### 1. Технологические защиты (ТЗ)

Защита по срыву потока срабатывает в случае, когда реле контроля залива работающего насоса фиксирует отсутствие жидкости (с выдержкой времени). Защита автоматически вводится при повышении оборотов вращения насоса до заданного значения с выдержкой времени. Защита автоматически выводится при понижении оборотов вращения насосов ниже минимального значения с выдержкой времени. Защита действует на отключение насосного агрегата.

Защита по перегрузке насоса срабатывает при недопустимом повышении значения тока электропривода (с выдержкой времени). Защита действует на пошаговое снижение оборотов вращения электропривода насоса 75%-50%-25% от номинального значения. Если в случае снижения нагрузки насоса до 25% значение электрического тока остается недопустимым, производится отключение данного насосного агрегата.

Защита по повышению вибрации подшипника насоса срабатывает при повышении значения любого из двух датчиков вибрации с выдержкой времени. Защита действует на отключение насосного агрегата.

Защита по повышению температуры подшипника насоса при повышении значения любого из 4-х датчиков температуры (подшипников

и рабочего колеса) с выдержкой времени. Защита действует на отключение насосного агрегата.

Защита по недопустимому снижению подачи насоса срабатывает в том случае, когда режим работы насосного агрегата выходит из рабочей зоны по семейству заводских характеристик «Q-H». Текущий напор насоса определяется по разности давлений на напоре и всасе насосного агрегата. При повышении напора выше допустимого для данной частоты вращения защита срабатывает и действует на отключение насосного агрегата с выдержкой времени.

## 2. Технологические блокировки (ТБ)

Технологические блокировки (ТБ) АСУТП ГНС предназначены для:

- предотвращения ошибочных действий оператора путем автоматического наложения запрета на ту или иную команду в определенных ситуациях;

- формирование автоматических команд в определенных ситуациях в целях повышения скорости выполнения технологической операции.

## 3. Автоматическое регулирование (АР)

3.1. Задача автоматического регулирования АСУТП ГНС сводится к непрерывному автоматическому удержанию величины «Уровня в резервуаре сточной воды» на заданном уровне.

3.2 Регулирование уровня осуществляется на основе стандартного ПИД-контура регулирования «Регулятор уровня в резервуаре сточной воды».

3.3. Регулирование происходит за счет изменения задания на входы частотных приводов тех насосных агрегатов, которые находятся в «Автоматическом» режиме и включены. При этом включение/отключение насосов, которые находятся в «Автоматическом» режиме, производится с учетом непрерывного решения задачи оптимизации.

3.4. Контур регулирования уровня может функционировать с любым количеством включенных в схему регулирования насосов (от 1 до 3). Изначальным решением является равномерное распределение нагрузки на все работающие в контуре насосы (т.е. синхронное управление), однако, в процессе производства пусконаладочных работ может быть принято решение по изменению схемы групповой работы насосов в контуре регулирования (например, «ведущий-ведомый», «шагающая схема»).

3.5. Предусматривается автоматическая перенастройка регулятора при изменении количества включенных в регулирование насосных агрегатов.

3.6. Регулятор уровня в резервуаре сточной воды включается в работу оператором и имеет блокировки.

3.7. Включение регулятора разрешено в случае, когда одновременно выполнены условия:

- хотя бы один насосный агрегат включен в автоматический режим;

- уровень в резервуаре сточной воды не имеет признаков «Неисправность», «Недостоверность».

3.8. Автоматическое отключение регулятора производится в любом из случаев:

- все насосные агрегаты аварийно отключены;
- уровень в резервуаре сточной воды имеет признак «Неисправность» или «Недостоверность».

3.9. Схема блокировок позволяет включение регулятора уровня в следующих комбинациях:

- один/два насосных агрегата в автоматическом режиме (т.е. подключены к регулятору уровня), при этом, два/один насосных агрегата находится в локальном режиме (т.е. управляются оператором вручную);
- любое количество насосных агрегатов включено в автоматический режим (т.е. подключены к регулятору уровня), при этом, включен один или несколько высоконапорных существующих насосных агрегатов, которые управляются по традиционной существующей схеме.

#### 4. Пошаговое логическое управление (ПЛУ)

К задаче пошагового логического управления АСУТП ГНС относится реализация автоматического включения отдельного насосного агрегата 1,2,3, а именно:

- проверка готовности схемы;
- приведение в работу системы вакуумирования;
- контроль заполнения во всасывающем трубопроводе;
- включение насоса, контроль его работы;
- приведение системы вакуумирования в исходное состояние.

Представленный в этой статье анализ автоматизированной системы управления насосных агрегатов НМФ1-70.81С на Главной насосной станции решает следующие задачи:

- автоматическое определение необходимого количества работающих насосов;
- подача команды на автоматическое включение/отключение насоса;
- формирование необходимой сигнализации в тех случаях, когда схема оптимизации не может выполнить поставленную задачу (например, имеется необходимость включения в работу дополнительного насоса и, при этом, нет резервного насоса, установленного в автоматический режим);
- реализация функции автоматического включения резерва (АВР).

Схема оптимизации работает с насосными агрегатами, которые установлены в автоматический режим.

Основным принципом построения схемы является минимизация количества работающих насосов (и тем самым, подключенным к регулятору уровня) при соблюдении штатного режима их работы. Таким образом, при минимальном количестве стоков в приемный резервуар схема держит в работе 1 насос. При увеличении расхода стоков регулятор

нагружает насос 1 до установленного максимального предела (например, до 85%), а затем включает дополнительно другой насос (который установлен в автоматический режим), например 2. После разворота насоса 2 регулятор автоматически перераспределяет нагрузку на насосы 1 и 2. Далее, при увеличении нагрузки работающих насосных агрегатов до установленного максимального предела (например, до 85%) схема подает команду на включение насоса 3, а если он не установлен в автоматический режим, то формируется сигнализация о невозможности схемы выполнить поставленную задачу. Работа схемы на отключение насосов аналогична – при снижении нагрузки трех насосов до заданного значения (например, до 25%) производится отключение одного из насосов и т.д. Очевидно, что в нормальном штатном режиме работы ГНС все насосные агрегаты (1-3) должны быть включены в автоматический режим. Только в этом случае АСУТП может функционировать в круглосуточном автоматическом режиме.

Схема реализует функцию автоматического выравнивания моторесурса, что означает, что в случае, когда имеется необходимость включения/отключения одного из насосов, схема выбирает тот насос, у которого минимальное/максимальное значение наработки часов.

Вывод: Применение автоматизированной системы управления насосными агрегатами позволило получить следующие экономические и эксплуатационные эффекты:

- энергопотребление вновь смонтированных насосных установок в 3 раза меньше путем реализации энергосберегающего алгоритма работы и недопущения динамических пусковых режимов;
- ресурс запорной арматуры и насосных агрегатов увеличен в 1,4 раза;
- нагрузка на энергосберегающую систему КНС снижена за счет плавного пускового и остановочного режимов насосов;
- повышена надежность работы КНС путем резервирования насосов;
- использование оборудования, исключаяющего человеческий фактор;
- повышение электробезопасности при эксплуатации системы;
- сведены к минимуму затраты на обслуживающий персонал и эксплуатационные расходы;
- отсутствует необходимость вмешательства операторов в работу насосов.

### **Особенности выработки тепловой энергии в крупных промышленных центрах**

Одной из ключевых задач теплоэнергетики является повышение энергоэффективности систем теплоснабжения [1]. В большинстве крупных городов и промышленных центров России наиболее распространено централизованное теплоснабжение, которое обслуживает более 80% потребителей страны. В общей сложности теплофикационными системами вырабатывается около 6,28 млн. ГДж/год, из них: 47,5 % на твердом топливе; 40,7 % - на газе и 11,8 % - на жидком топливе [2].

Однако доля теплофикации в общей выработке тепловой энергии в стране неуклонно снижается. Это вызвано использованием устаревших технологий, физическим износом трубопроводов и оборудования, большими потерями теплоты. Кроме того, протяженность тепловых сетей зачастую превышает эффективный радиус действия источника теплоснабжения. Как следствие, непроизводительные затраты электроэнергии на транспортировку теплоносителя, резкое снижение его характеристик у потребителя теплоты, размещенного вне зоны эффективного действия котельной или ТЭЦ.

В связи с этим, получают всё большее распространение системы автономного теплоснабжения, включающие, в том числе, крышные котельные. Данный вариант широко применяется в Северной Америке. В районах плотной городской застройки таких мегаполисов, как Чикаго, Детройт, Сиэтл (США), Торонто и Ванкувер (Канада) на долю крышных котельных приходится до 80% общего производства тепловой энергии [3]. Североамериканский опыт строительства и эксплуатации таких котельных насчитывает уже много десятков лет.

Повышенный интерес к автономным источникам теплоты не случаен: децентрализация способна лучше адаптировать систему теплоснабжения к условиям потребления теплоты конкретного объекта, а отсутствие внешних распределительных сетей минимизирует непроизводительные потери теплоты при транспорте теплоносителя. Значительный спрос на автономные источники обусловлен тем, что капитальные вложения намного ниже, чем у централизованной системы.

Однако следует отметить негативные стороны повсеместного перехода на автономное теплоснабжение, особенно в зоне эффективного радиуса ТЭЦ. Резкое снижение установленной тепловой мощности ТЭЦ приведет к возрастанию выработки энергии по конденсационному циклу, а следовательно, понижению эффективности использования органического топлива.

Отличительными особенностями крышных котельных являются:

- отсутствие необходимости в землеотводе и сооружении отдельного здания;
- оперативное реагирование на изменения температурной обстановки;
- снижение длины трубопроводов и, соответственно, уменьшение теплопотерь в трубопроводах;
- круглогодичный рабочий цикл, без остановки летом на профилактический ремонт;
- высокий уровень автоматизации, т.е возможность функционирования котельной вне зависимости от присутствия-отсутствия операторов.

Таким образом, одной из главных задач повышения энергоэффективности систем теплоснабжения является рациональное сочетание централизованных и децентрализованных источников теплоты.

Рассмотрим особенности теплоснабжения крупных промышленных центров на примере Нижнего Новгорода.

Теплоснабжение города в настоящее время осуществляется от Автозаводской и Сормовской ТЭЦ с общей установленной тепловой мощностью 3163,4 МВт, 116 крупных котельных и более 1000 котельных малой мощности [4].

Суммарная установленная тепловая мощность всех источников тепловой энергии составляет 9459,8 МВт; протяженность тепловых сетей - 2 840 км; количество центральных тепловых пунктов – 235.

Генеральный план развития города до 2030 предусматривает увеличение доли жилого фонда с 51,6% до 57,8% от общего фонда жилой застройки. На рисунке 2 показаны планируемые объемы жилой и промышленной застройки в городе.



Рис.2. Объемы строительства и прирост нагрузок в Нижнем Новгороде в существующих границах города

Приведенный рост объемов строительства в городе вызывает необходимость создания новых источников тепловой энергии. В таблице 1 приведены сводные показатели динамики спроса на тепловую мощность жилого, общественного и производственного фондов.

Таблица 1

## Показатели динамики спроса

Район	Год			
	2015	2016	2017	2022
	Тепловая мощность, Гдж/час			
Центральный округ	1427,5	1433,6	1445,7	1508,7
Сормовский теплосетевой район	1801	1841,1	1881,2	2086
Автозаводский теплосетевой район	3225,0	3262,8	3306,5	3528,3
Нагорный теплосетевой район	1120,9	1134,1	1151,9	1300,3
Итого по Заречной части	5692,4	5775,4	5865,2	6333,1
Итого по Нагорной части	1882,9	1896,2	1920,1	2090,2
Всего по городу	7575,3	7671,6	7785,3	8423,3

С целью выявления степени эффективности системы теплофикации города энергии проанализируем радиусы крупных источников теплоснабжения (табл. 2).

Таблица 2

## Радиусы теплоснабжения основных источников тепловой энергии

Наименование, адрес источника тепловой энергии	Максимальный радиус теплоснабжения, км	Радиус эффективного теплоснабжения, км
Сормовская ТЭЦ	5,4	3
Автозаводская ТЭЦ	5,8	3
Котельная «Северная»	3,6	2,3
Котельная «Ленинская»	5,6	3,3
Нагорная теплоцентраль	4,3	2,1
Нижегородская ТЭЦ	10	6

На основе полученных данных следует, что теплоснабжение в городе недостаточно эффективно, так как наиболее удаленные от источника потребители не будут получать теплоту с рекомендуемыми параметрами теплоносителя (параметры будут ниже принятых). Да и расход теплоты будет значителен.

Кроме того, с развитием крупных промышленных центров возрастает потребность не только в тепловой, но и электрической энергии. Наиболее рациональным решением при новом строительстве жилой и

промышленной застройки явится проектирование когенерационных установок (совместное производство тепловой и электрической энергии) на базе котельных малой и средней мощности.

Мероприятия по переоборудованию котельных в источники комбинированной выработки электрической и тепловой энергии включают:

- строительство нового источника комбинированной выработки электрической и тепловой энергии;
- строительство нового источника комбинированной выработки электрической и тепловой энергии в районе закрытия существующей неэффективной котельной;
- дооборудование существующей котельной когенерационной установкой на базе газопоршневых машин, паровых и газовых турбин с целью выработки электрической и тепловой энергии для собственных нужд котельной.

Таким образом, одной из важных задач теплоэнергетики является необходимость выявления оптимального сочетания доли централизованного и децентрализованного теплоснабжения с выделением зоны эффективного действия каждой из систем.

Кроме того, необходимо рационально использовать отбор пара турбин на ТЭЦ, с целью получения тепловой энергии.

#### Литература

1. Копко, В.М. Теплоснабжение: учеб. для студентов по направлению 270100 «Строительство» / В. М. Копко. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Москва.: АСВ, 2014. – 335 с.
2. Полонский, В.М. Автономное теплоснабжение : учеб. пособие для студентов по направлению 653500 – «Строительство» / В. М. Полонский, Г. И. Титов, А. В. Полонский. – Москва.: АСВ, 2006. – 152 с.: ил.
3. Схема теплоснабжения города Нижнего Новгорода на период с 2012 года до 2027 года (проект): муниципал. контракт от 19.12.2011 г. № 13 : разработ. ОАО «Газпромпромгаз». – Москва, 2012. – 214 с.
4. Штокман, Е. А. Теплогазоснабжение и вентиляция : учеб. пособие / Е. А. Штокман, Ю. Н. Карагодин. – Москва: АСВ, 2013. – 176 с.

УДК 627.8

Р.Е. Мартынов

#### **Формирование мелководий на равнинных водохранилищах Европейской части России**

В настоящее время в России насчитывается свыше 2200 водохранилищ и прудов с объемом каждого более 1 млн. м<sup>3</sup>. Их общая площадь свыше 65 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет 0,4% от общей площади

страны, а общий объем – 793 км<sup>3</sup>. В основном это пруды и малые водохранилища (объемом, равным 1-10 млн. м<sup>3</sup>). К числу крупных и средних (объемом не менее 10 млн. м<sup>3</sup>) принадлежит 327 водохранилищ, обеспечивающих работу более 80 ГЭС. Крупных водохранилищ (объемом более 1 км<sup>3</sup>) в России всего 41 (31 – в Европейской части России и 10 – в Азиатской). Самым большим по площади является Куйбышевское водохранилище (6448 км<sup>2</sup>), а по объему – Братское (169 км<sup>3</sup>) [1].

Наибольшая густота искусственных водоемов характерна для южных районов Европейской части (лесостепной и степной зон), где в верховьях оврагов, балок и ручьев создана масса прудов для сельскохозяйственных целей (водопоя скота и полива сельскохозяйственных культур). В целом в Европейской части страны, наиболее густо заселенной, число прудов и малых водохранилищ в 5 раз больше, чем в Сибири и на Дальнем Востоке, а число крупных и средних водохранилищ – в 3 раза больше. При этом площадь водохранилищ в Азиатской части вдвое меньше, а их объем в 1,5 раза больше, чем водохранилищ Европейской России [1].

Площадь мелководий в крупных равнинных водохранилищах весьма значительна и составляет в среднем примерно 16% от общей площади акватории, изменяясь в широких пределах в различных физико-географических условиях [1].

Под мелководьем понимаются участки акватории водохранилища, верхней границей которых является положение уровня при НПУ, а нижней – двухметровая глубина при любом положении уровня. Несмотря на условность нижней границы, она имеет определенный физический смысл через гидродинамический критерий – глубину взаимодействия волн с дном. Именно на глубинах, не превышающих 0,5-0,6 высоты средней из максимальных волн, происходит активное взаимодействие волн с дном водоема, что на большинстве крупных равнинных водохранилищ соответствует примерно двухметровой глубине [1].

Зона мелководья хорошо прогревается и освещается солнцем, благодаря чему происходит цветение воды микроводорослями, зарастание высшей водной растительностью. Личинки комара находят для своего развития в зонах мелководья максимально благоприятные условия.

Основными причинами развития мелководий на равнинных водохранилищах Европейской части России являются процессы переформирования берегов и осадконакопления.

В результате многолетней эксплуатации водохранилища происходит переработка берегов, что приводит к мелководному затоплению прибрежных территорий.

Наблюдения за берегами водохранилищ показали, что процесс их деформации особенно активен в первые годы после наполнения водохранилища [2].

Площади мелководных участков в равнинных водохранилищах не остаются постоянными. Прирост площадей мелководий за 10-25 лет

эксплуатации водоемов за счет переформирования берегов составляет 0,5-5%, а на некоторых достигает 12-23% их первоначальной площади [1].

Приблизительно 0,5-1% общей емкости водохранилищ теряется ежегодно из-за накопления в них донных отложений. Это означает, что в ближайшие 25-50 лет 25% запасов воды в водохранилищах мира может быть потеряно [3].

В практике создания искусственных водоемов особое место занимают вопросы определения возможной ширины зоны переработки берега в результате развития абразии, оползней, карста, процессов выветривания и т.д. Данная проблема является весьма сложной, так как условия формирования берегов водохранилищ, расположенных в различных регионах крайне разнообразны. Разработано большое количество методик, позволяющих дать прогноз переработки берега. Данные методики сгруппированы по методам теоретического обоснования проводимых расчетов. Выделены: энергетические методы, методы геологического подобия, вероятностно - статистические методы [4].

На основе энергетических методов, в частности метода Е. Г. Качугина, в ННГАСУ на кафедре Гидротехнических сооружений разработан программный комплекс «Берега». Данный программный комплекс позволяет определить профиль берега на момент прогноза, объемы размытой и аккумулятивной породы берега, величину отступления берега. Сравнение результатов, полученных при помощи программного комплекса, с результатами натурных наблюдений показало, что программный комплекс пригоден для инженерных расчетов переформирования берегов водохранилищ средней полосы.

Наиболее динамичной областью с активным проявлением процессов перемещения и накопления осадочного материала является прибрежная зона водохранилищ. В настоящее время несомненный интерес представляет изучение особенностей современного осадконакопления в прибрежной зоне крупнейших искусственных водоемов, в которых скорость осаднения и аккумуляции осадочного материала во много раз интенсивнее, чем в природных водоемах.

Развитие отмелей в водохранилищах и состав осадков, их слагающих, зависит от множества факторов, ключевыми среди которых являются волновые процессы, течения, состав и свойства размываемых пород, определяющие их прочностные характеристики, следовательно, и скорость абразии берегов. Основным источником осадкообразующего материала являются абразионные берега, поставляющие в водохранилища ежегодно 224 млн. т, из которых от 40 до 90 % идет на формирование прибрежных отмелей. Способы перемещения размываемого материала от абразионного берега под действием гидродинамических и гравитационных процессов отражают литодинамические (генетические) типы, основными из которых в прибрежной зоне являются отложения гидродинамических потоков и гравитационные отложения [5].

Отложения гидродинамических потоков формируются при переносе

размытого материала под действием волн и течений. Наибольшей кинетической энергией обладают волны в верхних слоях воды, поэтому эта часть водной толщи является более подвижной и обладает максимальной способностью к разнесу крупных фракций осадочного материала [5].

На подводном склоне прибрежных отмелей осадконакопление протекает в основном при ведущей роли гравитационных процессов, среди которых на водохранилищах наибольшее развитие получили оползни и обвалы. Процессы перемещения осадочного материала протекают гораздо медленнее, чем на отмели [5].

Различают два типа оползней: блоковые и поточные, которые формируют совершенно отличные друг от друга отложения [5]. Подводный оползень в рельефе дна выражен в виде ступени или крупных хаотично расположенных валов.

В результате формирования мелководий происходит потеря ценных земель, цветение воды микроводорослями, зарастание высшей водной растительностью, поэтому рекультивация мелководий и восстановление хозяйственной ценности земель, нарушенных при создании и многолетней эксплуатации равнинных водохранилищ, является важной научной задачей.

#### Литература

1. Эдельштейн, К.К. Гидрология озер и водохранилищ: учебник для ВУЗов / К.К. Эдельштейн. – Москва: Перо, 2014. – 399 с.
2. Иконников, Л.Б. Формирование берегов водохранилища / Л.Б. Иконников. – Москва: Наука, 1972. – 96 с.
3. Румянцев, И.С. Изменение объема равнинных водохранилищ на эксплуатационной фазе жизненного цикла / И.С. Румянцев, И.С. Соболев, С.В. Соболев // Гидротехническое строительство. – 2014. – № 3. – С. 2-9.
4. П 30-75. Методические рекомендации по прогнозированию переформирования берегов водохранилищ. – Ленинград: ВНИИГ им. Веденеева, 1975. – 185 с.
5. Лисицын, А.П. Зональность природной среды и осадкообразования в океанах / А.П. Лисицын // Климатическая зональность и осадкообразование. – Москва: Наука, 1981. – С. 5-45.

УДК 628:353

Ю.А. Матросова

#### **Применение анаэробных аппаратов для очистки концентрированных сточных вод**

В последние десятилетия анаэробный метод нашел широкое применение для очистки концентрированных сточных вод промышленных предприятий.

Интенсивное развитие анаэробной техники связано со стремлением создавать компактные и эффективные аппараты, отличающиеся надежностью и гибкостью работы, низкими капитальными и эксплуатационными затратами, а также снижением энергетических затрат на очистку сточных вод (рис. 1, рис. 2).

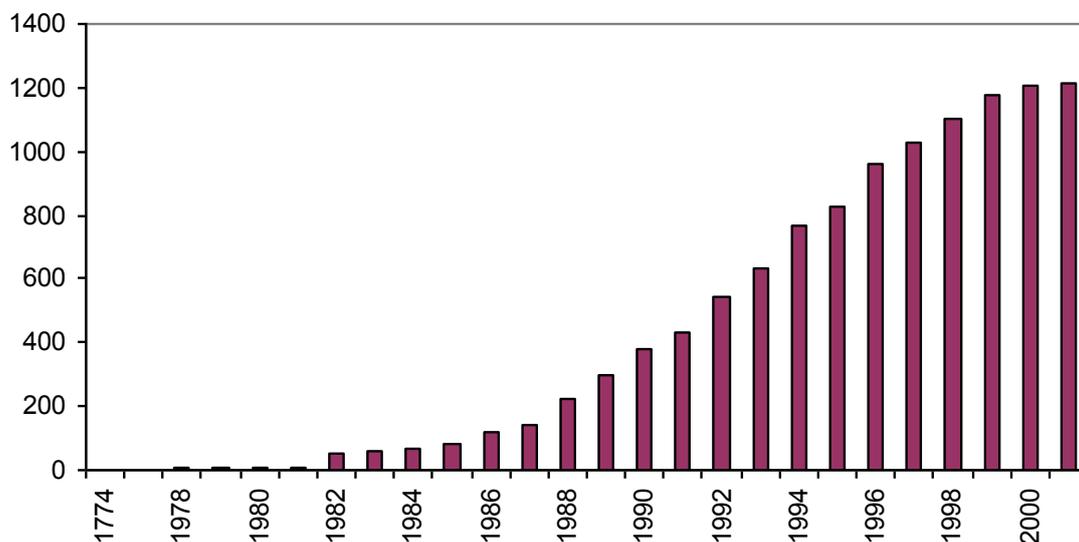


Рис. 1. Динамика строительства промышленных анаэробных сооружений в мире

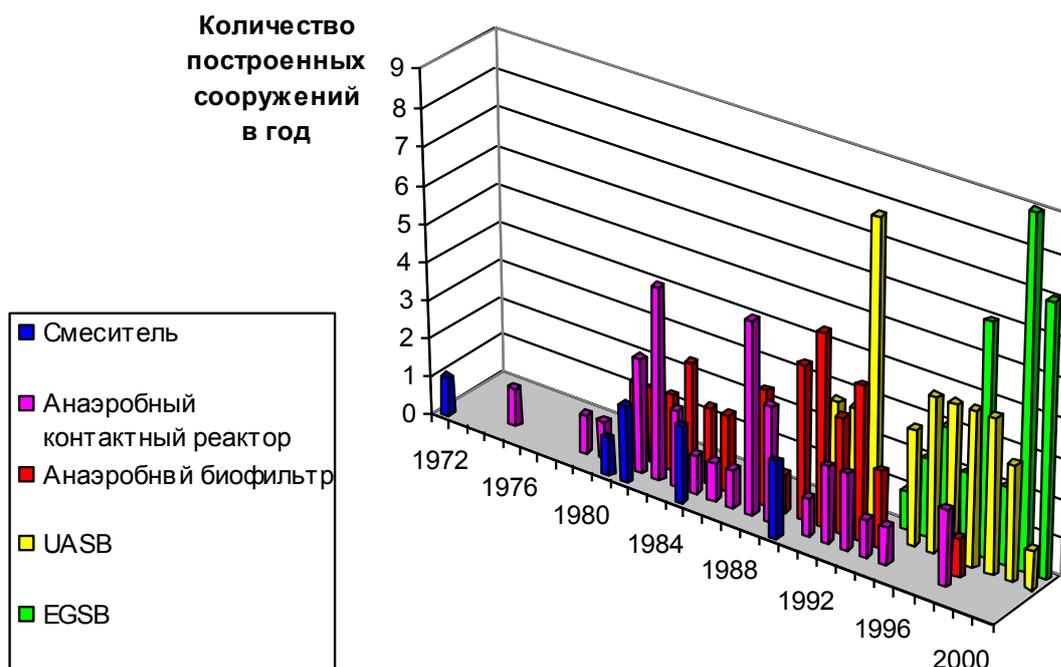


Рис. 2. Строительство анаэробных сооружений в Германии

Анаэробный метод очистки сточных вод применяется в различных отраслях промышленного производства (рис. 3).

Анаэробная обработка высококонцентрированных сточных вод по сравнению с очисткой в аэробных условиях позволяет снизить капитальные затраты в 10 раз и разместить сооружения на площади, меньшей приблизительно в (10÷20) раз. Кроме того, эксплуатационные расходы по сравнению с аэробной очисткой снижаются в 3 раза [2].

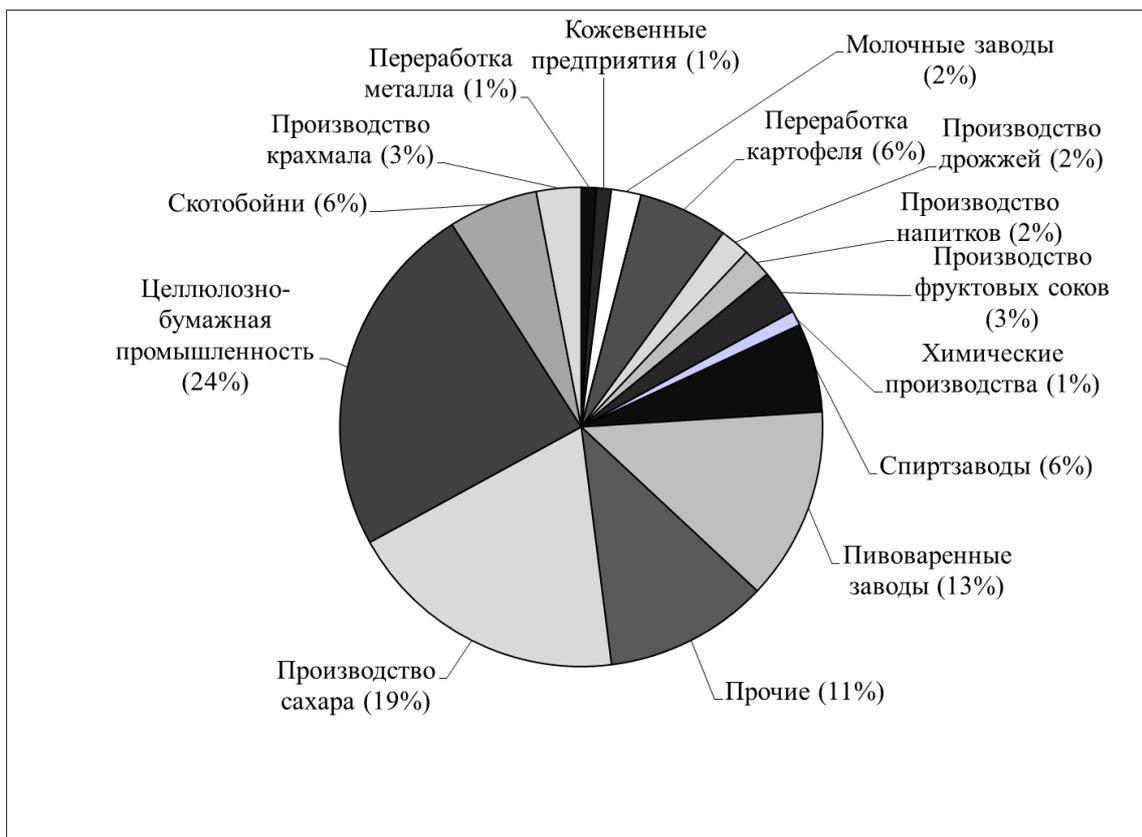


Рис. 3. Области применения анаэробных сооружений в Германии

К недостаткам анаэробного метода очистки относится практическое отсутствие удаления соединений азота и фосфора, эффект очистки по ХПК составляет, как правило, (65÷95) %, низкая скорость роста анаэробных бактерий вызывает трудности, связанные с удержанием ила в системе. Кроме того, скорость анаэробных процессов ниже, чем для аэробных, анаэробные системы чувствительны к изменению рН, температуры и колебаниям концентраций загрязнений в сточной воде. Указанные недостатки компенсируются за счет конструктивных особенностей современных анаэробных аппаратов и грамотного комбинирования анаэробного и аэробного способов очистки сточных вод.

Основным направлением в развитии и совершенствовании анаэробных реакторов является поиск конструкций, обеспечивающих поддержание в сооружении высокой дозы активной биомассы. Наиболее успешно это достигнуто в UASB, EGSB аппаратах, использующих гранулированный активный ил. Гранулированный ил имеет высокую активность, достаточно высокую прочность гранул и хорошие седиментационные свойства. По этой причине концентрация ила в активной зоне аппарата может достигать 50-80 кг/м<sup>3</sup>, из-за чего возможно достижение высоких объемных нагрузок.

В таблице 1 представлены важнейшие параметры основных конструкций анаэробных аппаратов для мезофильного режима сбраживания и их сравнение с традиционным метантенком. Из таблицы

видно, что аппараты с псевдооживленным слоем загрузки работают столь же эффективно, что и аппараты с гранулированным илом.

Таблица 1.

Параметры конструкций анаэробных аппаратов [1]

Аппарат	Концентрация ила в аппарате, г/л	Удельная площадь поверхности загрузки, м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup>	Нижний предел концентрации по ХПК в стоке, г/л	Объемная нагрузка, кг ХПК/м <sup>3</sup> сут	Минимальное время пребывания, ч
Традиционный метантенк	0,5-3	-	10	0,5-5	192-240
Контактный	5-10	-	2-3	3-8	24
UASB	20-40	-	0,3	10-25	2-3
EGSB	25-40	-	0,3	30-40	1-2
Анаэробный биофильтр	5-20	70-300	0,3	10-15	8-12
DSFF	3-15	60-200	1-2	10-12	24
Гибридный	20-30	70-300	0,3	15-25	2-3
С псевдооживленным слоем	10-40	1000-3000	0,3	30-40	0,5

Процессы в псевдооживленном слое обычно осуществляют в реакторах колонного типа. В таких аппаратах можно создавать повышенное давление, обеспечивающее рециркуляцию без существенных затрат на электроэнергию, сокращать площадь, занимаемую сооружениями. Высота и диаметр аппаратов влияют на энергозатраты, расход металла, затраты на изготовление, монтаж и транспортировку оборудования. Отношение высоты к диаметру аппаратов в практике используется в интервале от 3:1 до 5:1, а степень рециркуляции воды в пределах (4÷8) [3].

Необходимый объем реактора определяют по окислительной мощности единицы объема аппарата, а диаметр - по скорости подъема воды. Существует мнение, что расход рециркулируемой воды приводит к увеличению экономических затрат на обслуживание установки, поэтому необходимо стремиться к высоким аппаратам с минимальным расходом рециркуляционной воды [4].

Конструктивные размеры аппаратов необходимо определять на основе технико-экономических расчетов для конкретных случаев применения. Необходимый объем колонны ( $W$ , м<sup>3</sup>) рассчитывают по результатам исследований, определяя окислительную мощность единицы объема аппарата (ОМ, кг ХПК/м<sup>3</sup>·сут.) с учетом конкретного расхода стоков ( $Q$ , м<sup>3</sup>/сут.) [5].

## Литература

1. Калюжный С.В. Высокоинтенсивные анаэробные биотехнологии очистки промышленных сточных вод [Текст] / С.В. Калюжный // Катализ в промышленности. – 2004. – № 6. – С. 42-50.
2. Meyer H. Leistungsfähigkeit anaerober Reaktoren zur Industrieabwasserreinigung [Текст] / H. Meyer // Hannover: Veröffentlichungen des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover. – 2004. – № 128. – P. 112.
3. Колесов Ю.Ф. Определение высоты колонных аппаратов для биологической очистки сточных вод. / Ю.Ф. Колесов // Изв. ЖКА. Сер. Город. хоз-во и архитектура. – 1996. – № 4.
4. Колесов Ю.Ф., Катраева И.В. Перспективное направление очистки высококонцентрированных сточных вод / Ю.Ф. Колесов, И.В. Катраева // ВСТ. – 1997. – №5.
5. Катраева И.В., Кулемина С.В. Анаэробные реакторы для биологической очистки сточных вод [Текст]: учебное пособие/ И.В. Катраева, С.В. Кулемина – Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т.- Н.Новгород: ННГАСУ, 2008.

УДК 721

Н.И. Никитин

**Развитие основных принципов института строительной экспертизы**

В настоящее время тема о совершенствовании основных и второстепенных аспектов строительной экспертизы, является сугубо важной, не только потому, что она является основополагающей в решениях об использовании объектов недвижимости государственного значения, но и потому, что при развитии строительства в целом требуются новые, более технологические, экономически-целесообразные подходы к экспертизе в строительстве. Также это связано с тем, что при статическом положении сфер по совершенствованию экспертиз, приводит к динамическому развитию мер по ослаблению контроля над экспертизой, что в следствии приводит к ухудшению её качества. Разнообразие отраслей проведения экспертизы в строительстве даёт отличное представление о её масштабе.

Основные объекты строительной экспертизы:

- подсчет размеров ущерба и повреждений, возникших в результате залива, пожара, противоправных или неосторожных действий третьих лиц;
- проведение анализа изменений в несущих и ограждающих конструкциях после перепланировки, изменения подвального помещения, надстройки;

- определение состояния недвижимости и возможности ее дальнейшей эксплуатации;
- исследование недостроенной недвижимости для определения возможности ее достраивания;
- определение соответствия недвижимости нормам, установленным в нормативной документации;
- оценка остаточной прочности конструкций и сооружений;
- обследование здания перед капитальным ремонтом, перепланировкой, реконструкцией;
- разрешение споров между заказчиками и подрядчиками относительно вопроса качества ремонта или нового строительства;
- подсчет затрат на ремонт и строительство;
- расчет обоснования расхода материалов на стройку;
- проведение анализа качества возведенных конструкций и эффективности использования строительных материалов.

Главным направлением совершенствования строительных экспертиз является совершенствование на основе уже сформированного механизма регулирования экспертиз в строительстве. Речь идёт не только о правовых и законодательных аспектах экспертизы, но и о технических, методологических основах её проведения. Важно организовать четко систематизированную классификацию и требования к каждому её пункту с максимальной конкретикой и односторонностью в смысловом, терминологическом и сущностном понятии.

Рассматривая данный вопрос, необходимо отметить, что как и в любых институтах государства, важен кадровый состав и его степень подготовки к выполнению своих должностных функций. Реализация качественной подготовки и повышения уровня специалистов, несомненно, повысит уровень государственных и частных экспертных организаций.

Обеспечение проведения экспертизы технико-экономических расчетов, технико-экономических обоснований, проектов и смет на строительство предприятий, зданий и сооружений на высоком научно-техническом уровне с учетом применения в проектировании достижений научно-технического прогресса, рационального и экономного использования материальных, топливно-энергетических и трудовых ресурсов, достоверного определения сметной стоимости строительства, чтобы построенные предприятия, здания и сооружения ко времени ввода их в действие были технически передовыми и имели высокие показатели по производительности труда, себестоимости производства и качества продукции. Также это приведёт к повышению уровня архитектурно-планировочных и градостроительных решений.

В целях повышения уровня качества экспертиз необходим контроль за:

- соблюдением в технико-экономических расчетах, технико-экономических обоснованиях, проектах и сметах на строительство

предприятий, зданий и сооружений государственной инвестиционной политики;

- комплексным решением вопросов строительства производственных объектов, жилых домов, других объектов социального назначения и охраны окружающей среды, а также выборочного контроля;

- реализацией предложений органов экспертизы при дальнейшем проектировании и строительстве.

Экспертиза в строительстве, представляя одну из стартовых площадок реализации объектов недвижимости, как основных критериев показателя развитости страны, в экономике государства играет немаловажную роль. Поэтому экспертиза и обследования, связанные со строительством, должны отвечать таким требованиям, как: качество, высокие темпы проведения, точность, простота, дешевизна, прозрачность и т.д.

УДК 628.2 (470.341-25)

О.Е. Новожилов

### **Процессы нитрификации и денитрификации в технологиях биологической очистки сточных вод**

Охрана окружающей среды и, особенно, водных объектов от загрязнения и истощения является одной из важнейших задач в современном мире.

Биогенные вещества (азот и фосфор) являются одними из основных составляющих компонентов сточной воды, присутствие которых в коммунальных или близких к ним по составу хозяйственно-бытовых водах фиксируется постоянно. Азот в сточной воде может быть представлен несколькими соединениями: азот аммонийный ( $\text{NH}_4^-$ ), азот нитритов ( $\text{NO}_2^-$ ), азот нитратов ( $\text{NO}_3^-$ ), азот органический (в составе органических соединений). Фосфор в сточных водах находится в составе органических соединений (органический фосфор), полифосфатов ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) и ортофосфатов ( $\text{PO}_4$ ). Для совместного биологического удаления азота и фосфора из бытовых сточных вод в основном используется метод очистки свободно плавающим активным илом.

Основная сложность совместного, или одновременного, удаления соединений азота и фосфора из сточных вод состоит в том, что для их изъятия требуются разные условия. Так, основным условием проведения процессов нитрификации и денитрификации является наличие активного ила, возраст которого составляет не менее 20 суток. Удаление же соединений фосфора оптимально при небольшом возрасте активного ила.

Для интенсификации процессов окисления органических веществ и выведения из системы соединений азота и фосфора наибольшее

распространение получила технология нитрификации, денитрификации и биологического удаления фосфора. Для её реализации необходимо организовать анаэробные и аноксидные (безкислородные) зоны. Организация таких зон позволяет повысить эффективность удаления органических веществ, соединений азота и фосфора, а также жиров, металлов, нефтепродуктов.

Использование технологии нитрификации, денитрификации и биологического удаления фосфора является наилучшим приёмом борьбы с нитчатым вспуханием активного ила, ибо микроорганизмы – денитрофикаторы являются естественными антагонистами нитчатых бактерий.

Основным технологическим приёмом денитрификации является создание в части сооружений биологической очистки условий, при которых бактерии активного ила используют в качестве окислителя кислород нитратов ( $\text{NO}_3^-$ ). В результате, инертный газообразный азот высвобождается в атмосферу. Эффективность нитрификации зависит от обеспечения процесса кислородом. Эффективность денитрификации зависит от обеспеченности процесса быстроразлагаемым органическим веществом.

Организация денитрификатора сводится, как правило, к выделению в аэротенке анаэробной и аноксидной зон. В анаэробной и аноксидной зонах, для предотвращения осаждения активного ила, устанавливаются погружные механические мешалки. Принципиальное отличие указанных зон в том, что в аноксидной зоне концентрация растворенного кислорода близка к нулю, а в анаэробной зоне близка к нулю концентрация нитритов и нитратов, которые являются источником кислорода для многих гетеротрофных бактерий. В аэробную зону помещается мелкопузырчатая аэрационная система.

Кроме существенного улучшения качества очистки по азоту и фосфору, при реализации схем нитрификации и денитрификации, удаётся достичь снижения энергопотребления на аэрацию и снижение объёма удаляемого из системы ила за счет повышения его седиментационных свойств. Это позволяет легче реагировать системе на залповые сбросы сточных вод с высоким содержанием загрязняющих веществ.

Согласно современным воззрениям, бактерии, участвующие в процессе удаления фосфора, способны запасать внутри своих клеток до 50% от массы сухого вещества фосфор в виде полифосфатов. Эти полифосфаты используются в анаэробных условиях для поддержания жизнедеятельности бактерий. В качестве источника углерода в этих условиях используются запасные вещества, например, поли- $\beta$ -оксималяную кислоту или гликоген. В свою очередь, запасные вещества образуются из легкоразлагаемых веществ, например, ацетата. Эффективность процесса проведения удаления фосфора в виде

полифосфатов с приростом ила зависит от обеспеченности  $\text{CH}_3\text{COOH}$  или другими летучими жирными кислотами.

Опыт работы Нижегородской станции аэрации

Нижегородская станция аэрации – комплекс сооружений, предназначенный для полной биологической очистки промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод г. Н.Новгорода и г. Бора. Полная биологическая очистка включает следующие основные этапы: механическую очистку, биологическую очистку, доочистку, обработку осадков.

Общая мощность сооружений составляет 1200,0 тыс. м<sup>3</sup> в сутки.

В комплекс механической очистки входят три типа сооружений: решетки, песколовки, первичные отстойники.

Из приемной камеры сточные воды города по каналу поступают в здание решеток. На решетках происходит задержание крупных загрязнений: тряпок, бумаги, крупных отбросов.

Песколовки предназначены для задержания песка и минеральных частиц крупностью >0,25 мм.

Далее сточные воды с песколовки поступают в распределительные камеры первичных отстойников, откуда трубопроводами равномерно распределяются на первичные отстойники.

Первичные отстойники предназначены для выделения из сточных вод грубодисперсных примесей, т.е. происходит осветление сточных вод за счет выпадения в осадок взвешенных веществ. Для удаления плавающих загрязнений отстойники оборудованы жиросборными системами. Далее осветленная вода поступает на сооружения биологической очистки.

Основными сооружениями биологической очистки являются аэротенки. Аэротенки предназначены для окисления и минерализации органических веществ. Подача осветленной воды осуществляется через 10 щитовых затворов распределительного лотка.

Распределенный выпуск сточной воды в аэротенки позволяет менять объем регенераторов от 25 до 50%, обеспечивать хорошее смешивание поступающей воды с активным илом и равномерное потребление кислорода по всей длине коридора. Подача воздуха в аэротенки производится по воздуховодным стальным трубам к полиэтиленовым трубам: с дисковыми аэраторами в аэротенках № 2,5; с диспергирующим покрытием в аэротенках № 1, 6-12. В 2009-2011 г.г. произведена реконструкция аэротенков №3,4 с выделением зоны нитриденитрификации с целью повышения эффективности удаления соединений азота и фосфора.

Подача возвратного активного ила в регенераторы аэротенков производится при помощи эрлифтов. В эрлифтных камерах I-ой очереди установлены погружные пропеллерные насосы фирмы Flygt (Швеция). Избыточный активный ил подается в илоуплотнители насосами, установленными в насосных станциях.

Иловая смесь из аэротенков при помощи щитовых затворов распределительных камер равномерно распределяется на вторичные отстойники.

Вторичные отстойники предназначены для отделения активного ила от очищенной воды. Активный ил под действием сил тяжести оседает на дно отстойника в кольцевой лоток с четырьмя приямками, откуда и отводится в иловые камеры.

Доочистка биологически очищенных сточных вод осуществляется на биологических прудах с естественной аэрацией. Процесс разрушения остаточных загрязнений основан на принципах самоочищения водоема. В настоящее время биопруды выведены из работы (октябрь 2009 года) из-за большого количества накопившихся загрязнений.

Очищенная сточная вода поступает в контактные резервуары, где происходит обеззараживание сточных вод хлором. Время контакта сточной жидкости с хлором не менее 30 минут.

Очищенная и обеззараженная сточная вода поступает на лотки Паршала, где происходит замер расхода стоков. После лотков Паршала сточная жидкость по водоотводящим лоткам с перепадом сбрасывается в р. Волгу.

В результате механической и биологической очистки сточных вод образуется сырой осадок и избыточный активный ил.

Сброженный осадок подвергается обезвоживанию на двух фильтр-прессах общей производительностью 71 м<sup>3</sup>/час.

Передовые технологии, применяемые в технологическом цикле:

- дуговые решетки с гидроприводом РМД;
- аэротенки по технологии нитро-денитрификация (в настоящее время модернизированы два аэротенка);
- обезвоживание осадков сточных вод на ленточных фильтр-прессах;
- в перспективе внедрение ультрафиолетового обеззараживания.

Таблица 1

Качественные показатели очищаемой сточной жидкости

Показатель	Проект	Факт 2014 г.	Перспектива (после реконструкции аэротенков)
БПК <sub>5</sub>	3,7	3,2	2,0
Взвешенные вещества	12,0	7,8	6,8
ХПК	-	37,7	-
Аммоний-ион	-	12,46	0,39
Фосфор фосфатов	-	0,84	0,2

По результатам аналитического контроля (табл. 2) можно сделать следующие выводы: реконструированные аэротенки №3,4 обеспечили необходимое качество очистки сточных вод по биогенным элементам.

Процент снижения азота аммонийных солей в них составил 86,0% (в не реконструированных аэротенках №1,2,5 – 82,0%). Снижение фосфора фосфатов в аэротенках №3,4 составило – 69,4%, в аэротенках №1,2,5 – 58,0%.

Таблица 2

Аналитический контроль биологической очистки аэротенка №4 I-ой очереди ОСК

Показатели, мг/дм <sup>3</sup>	до реконструкции			после реконструкции		
	Осветлен- ная вода (верхний канал аэротенк ов I-ой очереды )	Очищен- ная вода на выходе из аэро- тенка №4	Очищен- ная вода после вто- ричных отстойни- ков I-ой очереды	Осветлен- ная вода (верхний канал аэротенк ов I-ой очереды )	Очищен- ная вода на выходе из аэротенка №4	Очищен- ная вода после вто- ричных отстойни- ков I-ой очереды
Июнь						
Азот аммон. солей	29,45	10,16	11,29	20,37	7,75	7,52
Фосфор фосфатов	3,03	-	1,76	2,48	0,29	1,31
Июль						
Азот аммон. солей	16,90	4,52	6,99	21,07	6,83	5,77
Фосфор фосфатов	2,50	0,93	1,35	3,63	0,42	0,80
Август						
Азот аммон. солей	17,81	5,96	7,22	20,99	7,94	5,26
Фосфор фосфатов	2,73	0,97	1,59	2,28	0,06	0,53
Сентябрь						
Азот аммон. солей	20,40	5,17	6,87	20,82	7,49	12,93
Фосфор фосфатов	3,03	0,91	1,60	1,86	0,10	1,12
Октябрь						
Азот аммон. солей	18,81	6,40	6,57	20,18	4,56	5,68
Фосфор фосфатов	2,39	0,72	1,28	2,48	0,12	0,69
среднее						
Азот аммон. солей	20,67	6,44	7,79	20,69	6,91	7,43
Фосфор фосфатов	2,74	0,88	1,52	2,55	0,20	0,89

Несмотря на значительный эффект очистки сточных вод от соединений азота и фосфора биологическим путём, качество очищенной воды после одноиловой ступени очистки в ряде случаев оказывается недостаточно высоким. При высоких нормативных требованиях к спуску в водоёмы сточных вод, содержащих азот и фосфор, обычно применяют комбинированную схему биохимической очистки для удаления биогенных элементов. Чаще всего сочетание биологической нитрификации-денитрификации и химической обработки сточных вод солями железа или алюминия находит наибольшее распространение при проведении реконструкции очистных сооружений.

### **Методы натурального исследования температурного режима для его учета при оценке статической работы берегоукрепительных и противооползневых сооружений**

В данной статье под берегоукрепительными и противооползневыми сооружениями понимаются различного вида подпорные стенки, то есть конструкции, предназначенные для поддержания отвесного (иногда пологонаклонного) профиля ограждения грунтовых массивов [1].

Известно, что температурное поле в массиве оказывает существенное влияние на состояние грунта засыпки сооружения, которое в свою очередь влияет на формирование физико-механических свойств грунта, а от физико-механических свойств грунта зависит характер статической работы сооружения. По результатам контроля температурного режима можно сделать вывод о фильтрационном состоянии сооружения. В работе В.А. Будина [2] температурный режим рассматривался для выявления резервов несущей способности причалов в портах Заполярья, а также повышения долговечности и надежности эксплуатируемых тонкостенных причальных сооружений на Крайнем Севере. В данной статье температурный режим рассматривается для его учета при оценке статической работы берегоукрепительных и противооползневых сооружений.

Натурное исследование температурного режима сооружения может проводиться несколькими методами, с использованием различных технических средств. В данной статье предлагается анализ методов определения температурного состояния берегоукрепительных и противооползневых сооружений, а также технических средств и приборов, используемых при этом.

При проведении исследований температурного режима грунтового массива надо принимать во внимание следующее. Поскольку любой термодатчик измеряет свою собственную температуру, необходимо следить, чтобы во время проведения измерений датчик находился в состоянии термодинамического равновесия с грунтом. Кроме того, не должно быть заметного переноса тепла по кабелю, штанге или стеклянному резервуару, идущему от поверхности грунта к термодатчику. Необходимо также, чтобы термодатчик плотно соприкасался с грунтом без воздушных зазоров.

При проведении научных исследований и мониторинга температурного режима в грунтовых массивах сооружений, используются стационарные электротермометры различной конструкции. Данный вид контрольно-измерительной аппаратуры получил распространение благодаря тому, что конструкция электротермометров позволяет

устанавливать термодатчики практически на любых глубинах и проводить круглогодичные измерения.

В зависимости от конструкции термодатчика электротермометры делятся на термометры сопротивления из платины, меди или никеля; полупроводниковые термометры и, получившие распространение в недавнем времени цифровые термометры, построенные с применением интерфейса «1-Wire» [7].

Термометр сопротивления – средство измерений температуры, состоящее из одного или нескольких термочувствительных элементов сопротивления и внутренних соединительных проводов, помещенных в герметичный защитный корпус, внешних клемм или выводов, предназначенных для подключения к измерительному прибору [3]. При использовании полупроводниковых элементов вместо платины, меди и никеля, его называют полупроводниковым термометром, термосопротивлением, терморезистором или термистором.

При использовании термометров сопротивления и полупроводниковых термометров в измерительную сеть включается ряд звеньев: сам датчик, соединительные линии и измерительный прибор (обычно цифровой омметр или мультиметр), это приводит к суммированию погрешностей, получаемых на каждом звене цепи. Кроме того, на точность измерения температуры данными видами термометров, оказывает существенное влияние нестабильность параметров соединительной цепи, обусловленная ухудшением состояния контактов и электрическими утечками (конденсат, окисление контактов, влага, загрязнение и т.д.). Стремление к совершенствованию измерительных средств способствовало появлению на рынке импортных цифровых термометров, построенных с применением интерфейса «1-Wire» (Dallas Semiconductor, США). Плюсом этих устройств является то, что данные о температуре термодатчика отправляются на измерительный прибор в виде цифрового сигнала, что исключает потери и погрешности. Кроме того, данный вид контрольно-измерительной аппаратуры имеет широкое распространение и невысокую стоимость.

Кроме разницы в применяемой контрольно-измерительной аппаратуре также могут различаться и варианты организации наблюдательной сети [4].

Вариант 1. Все кабельные выводы от термопреобразователей из отдельных скважин или створов скважин выводятся на специальный пульт сбора данных, с которого проводится опрос показаний датчиков. При оборудовании термоскважин особое внимание следует обратить на обеспечение теплоизоляции оголовков скважин.

Для сбора данных о сопротивлении датчиков могут быть использованы измерители сопротивления - мосты постоянного тока (например, МО-62, Р-333) или цифровые измерители сопротивления. При использовании в качестве датчиков терморезисторов применяемая аппаратура должна

обеспечивать относительную погрешность измерения сопротивления не более 1-2%. В случае использования термометров сопротивлений относительная погрешность измерений не должна превышать 0,1%.

Вариант 2. Все кабели от преобразователей, задействованных на объекте, выводятся на специальный единый пульт сбора данных. Устройство пульта сбора данных позволяет одновременно провести опрос и сбор информации показателей датчиков температуры на объекте, а также перенести информацию в базу данных компьютера.

Вариант 3. Каждая из скважин наблюдательной сети оборудуется термокосой с устройством терминала сбора и хранения (накопления) информации о температуре грунтов. Терминал позволяет автоматически в заданное время опрашивать и запоминать показания датчиков в течение 6-9 месяцев. В любое удобное время с помощью полевого регистратора информация снимается с терминалов и переносится в базу данных для последующего хранения и обработки. В разработанных к настоящему времени автоматических системах используются электрические термометры сопротивлений.

В зависимости от выбранной схемы организации контрольно-измерительной аппаратуры проведение наблюдений осуществляется различными способами.

По варианту 1 измерения температуры проводятся переносным прибором на каждом створе или отдельной скважине сети. Измерения проводятся с частотой, определяемой программой наблюдений, но не реже одного раза в месяц. В общем случае частота измерений определяется ожидаемой скоростью изменения температурного режима на каждом конкретном участке сооружения. Обязательными являются измерения в периоды максимального промерзания (конец марта - начало апреля) и максимального протаивания (конец сентября).

По варианту 2 измерение температуры проводится путем последовательного опроса всех датчиков сети. Результаты измерений поступают на специальное запоминающее устройство для последующей распечатки на печатающем устройстве или переписке информации в память ЭВМ.

По варианту 3 скважинные терминалы настраиваются на регистрацию температуры один раз в месяц. Опрос терминалов проводится с частотой, определяемой мерзлотными и температурными условиями. Кроме того, он может быть выполнен при специальных контрольных обследованиях сооружения и в научных целях.

Для натурального исследования температурного режима берегоукрепительных и противооползневых сооружений предложено использовать цифровые термодатчики DS18B20, работающие с помощью интерфейса «1-Wire». В таблице 1 представлены технические характеристики термодатчика DS18B20.

Основные технические характеристики термодатчика DS18B20

Диапазон измерений	от $-55^{\circ}\text{C}$ до $+125^{\circ}\text{C}$
Точность измерений	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ в диапазоне от $-10^{\circ}\text{C}$ до $+85^{\circ}\text{C}$
Рабочее напряжение	от 3,0 В до 5,5 В

В скважины, расположенные в грунтовом массиве за подпорным сооружением, опускаются термоплети, выполненные из коммутационного кабеля с подключенными к нему термодатчиками DS18B20 с помощью разъема RJ 45. Конец термоплети, на котором установлен переходник RJ 45 – USB 2.0, выводится на поверхность земли и подключается к устройству вывода. Устройством вывода данных служит персональный компьютер. Схема расположения термодатчиков представлена на рисунке 1.

Данная схема обеспечит необходимую точность измерений температур в грунтовом массиве. Метод имеет ряд преимуществ, по сравнению с методами, где применяются термодатчики сопротивления или полупроводниковые термодатчики, а именно: сравнительно небольшая стоимость элементов термоплети и возможность вывода результатов наблюдений на персональный компьютер через интерфейс USB 2.0.

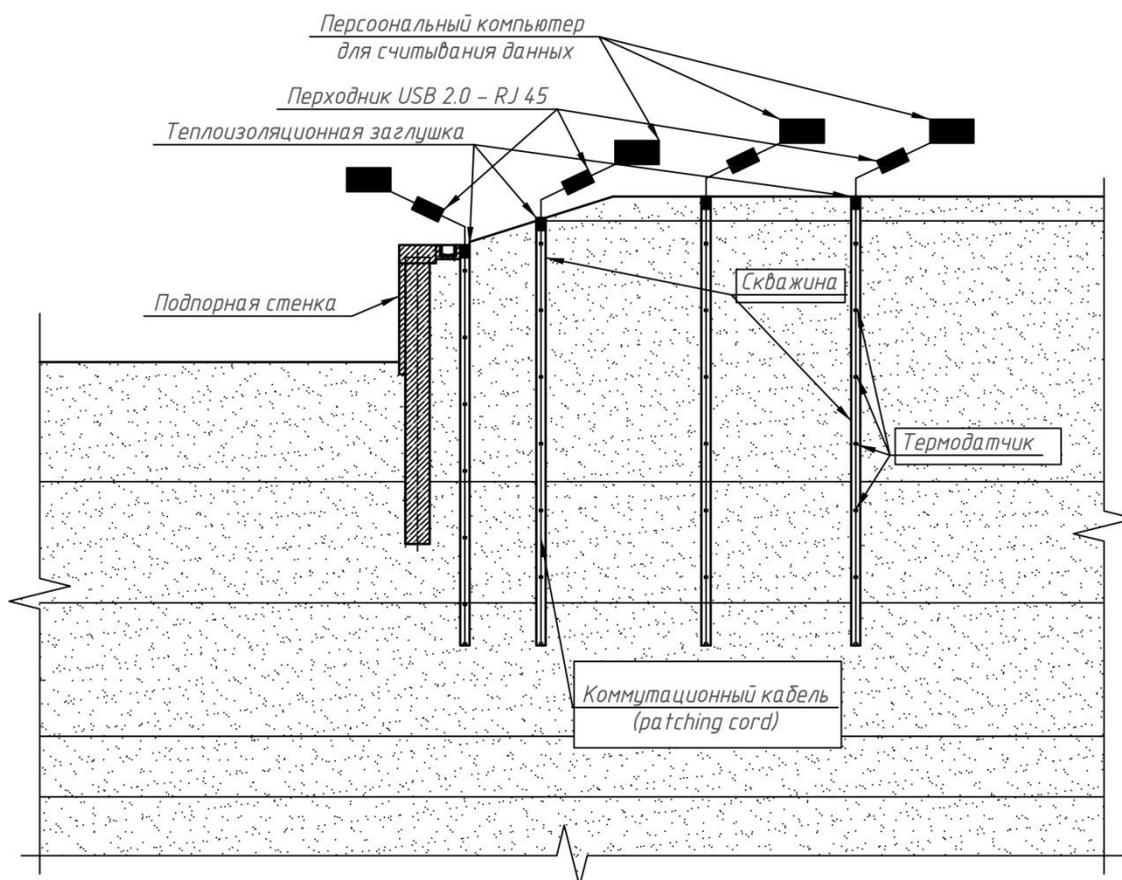


Рис. 1. Схема расположения термодатчиков

В настоящее время схема реализуется на одном из противооползневых сооружений нагорной части г. Нижнего Новгорода.

## Литература

1. Клейн, Г.К. Расчет подпорных стен. – Ярославль: Высшая школа, 1964. – 196 с.
2. Будин, В.А. Работа тонкостенных причальных сооружений в условиях крайнего севера: дис. канд. техн. наук: 05.23.07: защищена 1985 / В.А. Будин. – Ленинград, 1985 – 267 с.
3. ГОСТ Р 8.625-2006 Термометры сопротивления из платины, меди и никеля. – Москва: Стандартинформ. – 2007.
4. СТО 17330282.27.140.004-2008. Контрольно-измерительная аппаратура гидротехнических сооружений ГЭС. Условия создания. Нормы и требования.
5. ГОСТ 25358-82. Грунты. Метод полевого определения температуры. – М.: Госстрой СССР, 1982.
6. СТО 17330282.27.140.003-2008. Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования.
7. Старшинов. С. Н. Опыт применения новых технических средств контроля температурного состояния грунтовых плотин Вилюйской ГЭС-3 / С.Н. Старшинов // Гидротехническое строительство. – 2010. – N 6. – С. 48-52.

УДК 621.31

Е.М. Ратц

### **Концепция применения современных технологий арматурных соединений при возведении объектов использования атомной энергии**

При быстрорастущих объемах применения монолитного железобетона в практике отечественного и зарубежного «атомного» строительства, в технологических процессах все чаще стали заметны уязвимые места, которые до настоящего момента не создавали серьезных помех при производстве работ. К их числу относится производство арматурных работ, требующее значительных трудовых и временных затрат. Учитывая высокую насыщенность несущих и ограждающих железобетонных конструкций реакторного отделения современной АЭС арматурными каркасами и их значимость для обеспечения надежности и долговечности конструкций и сооружения в целом, в действующих нормативных документах регламентированы требования к расположению стержней и их соединениям в зависимости от применяемых марок и классов арматурных сталей [4,5].

В современной практике производства арматурных работ при возведении вышеописанных конструкций для стыкования стержней применяются следующие виды сварных соединений: контактно-стыковая

сварка, ванная, стыки с парными смещенными накладками. Надежность данных соединений проверена временем. Однако соединение стержней при помощи сварки перестало отвечать современным требованиям, прежде всего из-за невысоких темпов производства работ.

При устройстве сварного соединения в условиях строительной площадки, особенно при вертикальном расположении шва, зачастую возникают технологические сложности при организации подготовительных работ, в тот момент, когда необходимо обеспечить при установке стыкуемых стержней соосность и необходимую величину зазора в стыке и выдержать эти параметры на протяжении всего периода сварки. Данная операция является достаточно трудоемкой и длительной, проводится в стесненных условиях, что обусловлено специфическим конструктивным решением объекта. Существует также ряд ограничений, касающихся производства работ при отрицательных температурах. Все вышеописанные технологические сложности несомненно сказываются на качестве сварного стыка, а при производстве работ в «тепляке» существует опасность задымленности и возникновения пожара [6].

Все эти факторы обуславливают целесообразность перехода на более совершенные способы стыкования арматурных стержней без применения сварки. Одним из самых технологически простых мог бы быть стык стержней внахлестку, не требующий значительных затрат при монтаже арматурного каркаса. Однако такой стык требует дополнительного расхода арматурной стали. Так при стыковании стержней диаметром 32 - 36 мм перерасход составит 12-15%. Кроме того, возникают трудности при производстве бетонных работ в зоне конструкции, перенасыщенной арматурой. Главными ограничениями в применении стыков внахлестку являются строительные нормы, запрещающие применение данного вида соединения в наиболее ответственных местах железобетонных конструкций [2,4].

В настоящей статье приводятся данные о стыковом соединении стержней при помощи механических резьбовых муфт (рис.1) на примере продукции производства британской компании Ancon Building Products, отвечающих требованиям ТУ-5800-012-56294930-2007 [1]. Также стык соответствует стандартам: BS 8110 (UK), ACL 349 (USA), ASME III DJV2 (ACL 359, USA), CSA CAN3-N2872 (Canada), BNFL Nuclearrequirements E30 (UK), ACJ 318 (USA).



Рис. 1. Соединение стержней при помощи механической резьбовой муфты

Концы стержней, имеющих нарезку, стыкуются при помощи соединяющей муфты. При кажущейся простоте конструкция имеет несколько отличительных особенностей:

1. для избежания уменьшения площади сечения стержня нарезкой, концы стыкуемых стержней предварительно обжимаются на небольшом участке длины с целью увеличения диаметра;

2. необходимость ведения дополнительной операции после выполнения нарезки – обтяжки концевого участка продольным растягивающим усилием для частичного снятия пластических деформаций, что делает возможным снизить величину суммарной деформации стыка.

Примечательно, что выполнение стыкового соединения с помощью резьбовой муфты не отличается повышенной трудоемкостью и не требует высокой квалификации рабочего персонала. Существенной особенностью является небольшая толщина соединительной муфты, что позволяет экономить пространство в месте расположения стыка и предотвратить возникновение возможных проблем с уплотнением бетонной смеси при производстве бетонных работ, сохраняя должное качество поверхности конструкции после распалубивания, что является необходимым требованием при возведении защитных конструкций реакторного отделения.

В Российской Федерации технологии Ancon Building Products появились в 2007 г. В сотрудничестве с ОАО «СПБ АЭП» и ОАО «ВНИИГ им. Веденеева» была подготовлена и выпущена необходимая техническая и методическая документация на все виды и типы соединений. Успешно были проведены сертификационные испытания соединений отечественной арматуры различных типов, подтвердившие их эффективность.

Испытания проводились, в том числе, на образцах стыков стержней из стали широко применяемого в настоящее время класса А400. Кроме того, большая и успешная работа была проведена при исследовании муфтовых соединений на резьбе с более прочной, перспективной для энергетического строительства арматурой класса А500.

В результате проведенных испытаний контрольных образцов на центральное растяжение, следует заметить, что разрушение во всех случаях проходит по материалу стержня (рис. 2).



Рис. 2. Результаты испытаний образцов на растяжение

В настоящее время производство арматурных работ с применением муфтовых соединений Ancon CXL имеет место на Нововоронежской АЭС (рис. 3), запланировано при строительстве Балтийской АЭС и существуют предпосылки для дальнейшего широкого применения в энергетическом строительстве.



Рис. 3. Устройство арматурного каркаса при помощи механических резьбовых муфт на втором энергоблоке ЛАЭС-2

#### Литература

1. Соединения строительной арматуры механические с использованием муфт производства «Ancon Building Products» ТУ 5800-012-56294930-2007. – Санкт-Петербург, 2007.
2. СТО СРО-С 60542960 00002-2011 Общие требования к выполнению работ, оказывающих влияние на безопасность объектов использования атомной энергии и других объектов капитального строительства по строительству, реконструкции и капитальному ремонту
3. СТО СРО-С 60542960 00011-2012 Требования к механическим соединениям арматуры железобетонных конструкций, предусмотренных рабочей документацией, при выполнении работ по строительству, реконструкции и капитальному ремонту ОИАЭ.
4. СТО СРО-С 60542960 000013-2012 Контроль качества строительных работ при строительстве ОАИЭ
5. СТО СРО-С 60542960 000014-2013 Работы бетонные при строительстве защитной оболочки реакторной установки атомных электростанций
6. СТО СРО-С 60542960 00024-2013 Противопожарные требования при строительстве ОИАЭ.

### Исследование несущей способности стального каркаса высотного здания в форме гиперболического параболоида

В данной статье рассматривается зависимость перемещений здания в форме гиперболического параболоида от выбора сечений несущих конструкций, а именно наклонных колонн.

Характеристики исследуемого здания: форма в плане – правильный 8-угольник с размерами сторон у основания 18 м. В результате размеры здания в осях 43,46x43,46 м. Число этажей равно 44. Общая высота здания от уровня чистого пола первого этажа – 147 м.

Конструктивная схема здания представляет собой систему колонн, опоясывающее здание снаружи (32 наклонных колонны) и внутри (16 наклонных колонн). Также несущим элементом являются лифтовые шахты, выполненные из цельнометаллических труб диаметром 3 м. Несущими элементами перекрытий являются главные и второстепенные стальные балки.

На первом этапе создавалась конструктивная схема в программном комплексе «SCAD Office» (рис. 1). Предварительно был произведен сбор нагрузок на здание.

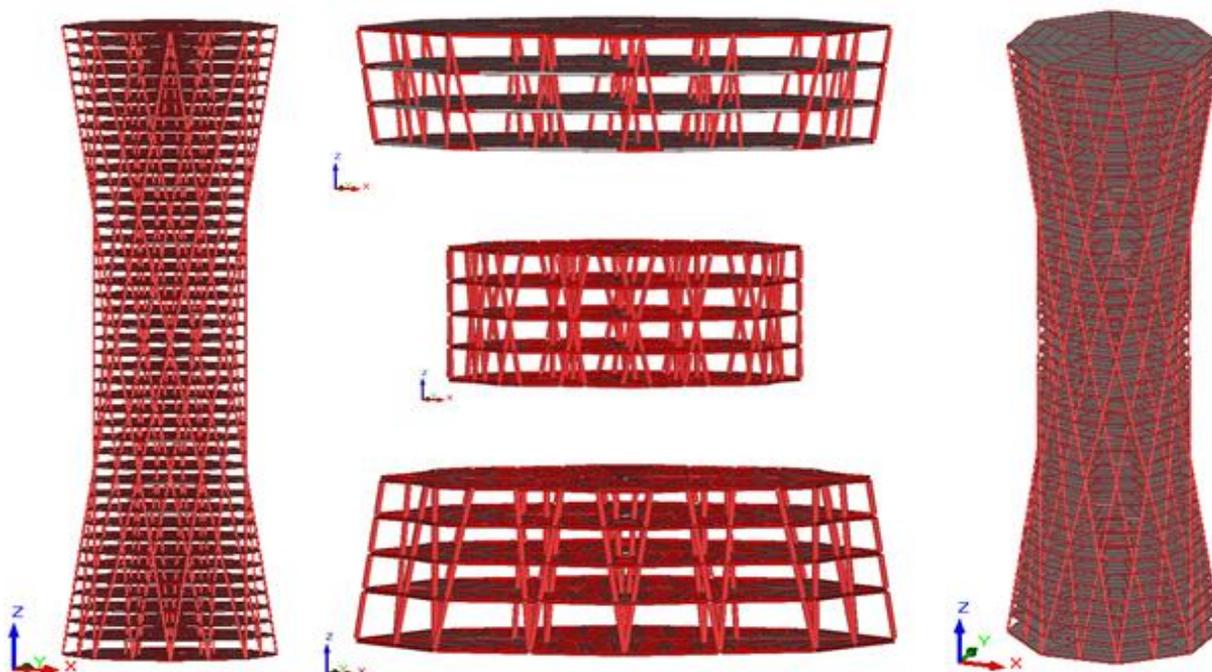


Рис. 1. Конструктивная схема здания в программном комплексе «SCAD Office»

На втором этапе исследования, исходя из расхода стали, приходящегося на  $1\text{ м}^3$  внутреннего объема здания, была выбрана наиболее экономичная конструктивная схема: сравнивались варианты с разным

числом и с разными углами наклона стальных колонн. Ею оказалась схема с 32 наружными (угол наклона  $12,6^{\circ}$ ) и 16 внутренними (угол наклона  $5,7^{\circ}$ ) колоннами.

На третьем этапе рассматривалось несколько вариантов выбора сечений наклонных колонн для конструктивной схемы:

- одинаковое сечение по всей высоте здания;
- два сечения по высоте;
- изменение сечений для каждой 11 этажей.

Для всех вариантов рассматривался одинаковый тип сечения: круглые трубы стальные бесшовные горячедеформированные по ГОСТ 8732-78. Другие варианты сечений на данном этапе исследования не рассматривались. Результаты третьего этапа сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Сводная таблица по трем вариантам выбора сечений

№ п/п	Сечения, мм		Суммарные перемещения, мм	Расход стали на $1 \text{ м}^3$	
	Внутренние колонны	Наружные колонны			
1	Одно сечение	О 465x20	О 550x35	95,01	39,6
2	Нижняя часть	О 550x14	О 550x34	115,2	35,25
	Верхняя часть	О 480x25	О 550x11		
3	Этажи с 1 по 11	О 450x20	О 550x32	146,14	33,24
	Этажи с 12 по 22	О 450x20	О 550x15		
	Этажи с 23 по 33	О 450x34	О 530x9,5		
	Этажи с 34 по 44	О 450x34	О 325x8		

Полученные в *SCAD*-е результаты перемещений для всех вариантов получились меньше максимально допустимых по СП.

В нижней части здания при подборе сечений определяющим фактором оказалась продольная сила из-за достаточно большого собственного веса конструкций, а на верхних этажах – изгибающий момент, возникающий в результате наклона колонн и увеличивающейся площади этажей.

Из Таблицы 1 видно, что наиболее экономичным с точки зрения расхода стали оказался третий вариант ( $33,24 \text{ кг/м}^3$ ), но, исходя из суммарных перемещений, наиболее эффективный – первый вариант ( $95,01 \text{ мм}$ ).

Поэтому четкого выбора схемы с определенными сечениями для дальнейшего анализа на данном этапе сделать не удастся.

На следующем этапе планируется создать систему связей для уменьшения перемещений и сечений колонн, что должно привести к снижению металлоемкости и повышению общей устойчивости здания.

### **О проблеме передачи данных между пользовательскими программами в информационных технологиях**

Любой объект производства в течение долгого времени должен иметь информационную поддержку жизненного цикла изделия (ЖЦИ). Данная поддержка осуществляется при помощи совокупности различных систем, объединенных единой базой данных. В течение ЖЦИ изделие может дорабатываться в различных программных системах, в связи с чем возникает проблема передачи данных между программами.

В работе [1] приведено определение, в соответствии с которым «CALS – концепция, объединяющая принципы и технологии информационной поддержки жизненного цикла продукции на всех его стадиях, основанная на использовании интегрированной информационной среды (единого информационного пространства), обеспечивающая единообразные способы управления процессами и взаимодействия всех участников этого цикла: заказчиков продукции (включая государственные учреждения, и ведомства), поставщиков (производителей) продукции, эксплуатационного и ремонтного персонала, реализованная в соответствии с требованиями системы международных стандартов, регламентирующих правила указанного взаимодействия преимущественно посредством электронного обмена данными». Это означает, что пользователь должен иметь в своем распоряжении средства обмена данными между какой-либо системой и пользовательской программой.

Решением проблемы является стандартизация хранения и передача данных в определенных форматах. Разработаны и внедрены в системы геометрии и графики международные стандарты передачи данных IGES[2] и STEP[3], являющихся юридически значимыми стандартами передачи данных, остальные же форматы хранения в соответствии с классификацией [4] являются стандартами фирмы или предприятия. Для чтения внутреннего формата хранения данных САПР необходимо либо наличие открытой спецификации, что не всегда делается фирмами-разработчиками систем, либо незаконное вскрытие внутренней структуры хранения данных при закрытой для сторонних разработчиков спецификации.

Электронная модель любого изделия, используемая в CALS-технологиях, на 80-90% состоит из геометро-графической информации, которая создается конструктором или технологом с помощью соответствующих программных средств, входящих в состав систем автоматизированного проектирования и технологической подготовки производства. Каждая из таких систем имеет свой, только ей присущий, экранный интерфейс, свою внутреннюю структуру данных и свои алгоритмы решения элементарных геометро-графических задач. Это

приводит к проблемам передачи данных между составными частями систем автоматизированного проектирования, к трудностям при составлении прикладных программ конкретного пользователя, к проблемам чтения и интерпретации данных из внутренней структуры конкретной системы. Кроме того, внутренняя структура данных каждой системы является предметом коммерческой тайны фирмы-разработчика системы и тщательно охраняется, и не публикуется.

Для обеспечения информационной совместимости между различными системами существуют два основных способа передачи данных:

- через программы – конвертеры данных (рис. 1), создаваемые по принципу «каждый с каждым», что приводит к необходимости создавать дополнительную программу связи;

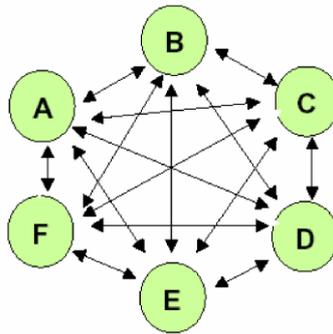


Рис. 1. Диаграмма связи форматов хранения различных систем

- через промежуточный нейтральный формат (рис. 2) типа IGES или STEP.

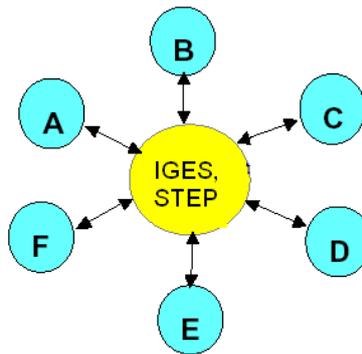


Рис.2. Диаграмма связи форматов хранения различных систем при использовании международных стандартов передачи

При этом фирма-разработчик оставляет за собой право реализовывать то или иное подмножество нейтрального формата, что приводит к разночтениям при передаче и анализе данных в системе-приемнике. Кроме того, надо заметить, что стандарты IGES и STEP не предназначены для оперативного обмена данными в процессе работы прикладной программы. Также надо учитывать тот факт, что указанные

стандарты имеют очень сложную структуру формата со ссылками на различные части обменного файла, что, опять-таки, не позволяет оперативное использование стандартов.

В то же время в состав любой САПР входит система управления базами данных (СУБД), которую можно использовать для целей оперативного хранения, анализа и передачи геометро-графических данных. Это означает, что внутреннюю структуру данных системы геометрии и графики необходимо привести в соответствие с правилами создания баз данных.

Возникает проблема создания прикладной программы, использующей внутренние форматы хранения данных. Для преодоления противоречия необходимо иметь операторы чтения и записи из внутренней структуры. Их предоставляет либо фирма-разработчик САПР, либо данные операции происходят на уровне текстовых фирменных форматов.

Рассмотрим некоторые существующие форматы хранения и передачи геометро-графической информации между системами.

#### **Формат хранения .cdw[5]**

Используется в российской САПР «Компас», разработан компанией «Аскон». Предназначен для хранения и использования внутри данной САПР, содержит информацию о чертеже в бинарном виде. Может содержать двухмерные и трехмерные данные, которые представляют собой упорядоченный набор геометрических параметров таких, как: координаты точек, коэффициенты уравнений линий, в том числе высоких порядков, информацию о типе линий и другие неграфические атрибуты.

Достоинством внутреннего формата системы КОМПАС являются компактность хранения, т.е. сравнительно малый объем файла чертежа или модели и отсутствие дублирования данных.

Недостатками формата является то, что все данные о чертеже или модели хранятся в бинарном виде, что неудобно для расшифровки без спецификации, и, следовательно, приводит к трудностям при организации обмена данными с прикладными программами.

#### **Формат хранения .ksf[6]**

Использовался в российской САПР «Компас» до 9 версии, разработан компанией «Аскон». Представляет собой текстовый файл, хранящий информацию о данных чертежа при помощи специфических обозначений.

Достоинством данного формата является использование операторных скобок, аналогичных языкам программирования АЛГОЛЬНОЙ группы (PASCAL, C++ и др.). Операторные скобки задают весь чертеж как документ, отдельный вид на поле чертежа, библиотечные фрагменты, информационные связи между изображениями и т.п. Это приводит к более компактному хранению данных, и, как следствие, к меньшему времени обработки файла и применению более эффективных алгоритмов и программ обработки чертежно-конструкторской документации.

Недостатками данного формата являются его ограниченная функциональность даже по сравнению с 9 версией «Компас», возможность хранения только двухмерной информации.

#### **Формат хранения .dwg[7]**

DWG (от англ. drawing – чертеж) – бинарный формат файла, используемый для хранения двухмерных (2D) и трёхмерных (3D) проектных данных и метаданных. Является основным форматом для некоторых САПР-программ (прямая поддержка – например, AutoCAD, nanoCAD, IntelliCAD и его вариаций, Caddie) [8].

Данный формат разработан компанией Autodesk, спецификации формата доступны лишь авторизованным группам разработчиков.

Достоинством внутреннего формата системы Autocad является его широкая применяемость среди продуктов компании Autodesk, к недостаткам же относится закрытая спецификация, что делает его трудно применимым к поставленной прикладной задаче пользователя.

#### **Формат хранения .dxf[9]**

DXF (англ. Drawing eXchange Format) – открытый формат файлов для обмена графической информацией между приложениями САПР. Был создан фирмой Autodesk для системы AutoCAD. Поддерживается практически всеми САД-системами на платформе PC [10].

К числу достоинств данного формата можно отнести хранение геометро-графической информации в текстовом виде, открытую спецификацию, что облегчает чтение данных прикладной программой, распространённость формата среди различных САПР, последовательность хранения данных внутри файла в виде записей фиксированного формата и объема (80 байт).

К недостаткам данного формата можно отнести закрытую спецификацию хранения трехмерных данных, постоянно расширяющуюся спецификацию хранения двухмерных данных. Из особенностей внутренней структуры хранения данных, минусом формата является то, что в каждой записи содержится один символ или число, что дает разреженность данных и, как следствие, большой объем выходного файла.

#### **Формат хранения .svg[11]**

SVG (от англ. Scalable Vector Graphics — масштабируемая векторная графика) — язык разметки масштабируемой векторной графики, созданный Консорциумом Всемирной паутины (W3C) и входящий в подмножество расширяемого языка разметки XML, предназначен для описания двумерной векторной и смешанной векторно/растровой графики в формате XML. Поддерживает как неподвижную, так и анимированную интерактивную графику — или, в иных терминах, декларативную и скриптовую. Не поддерживает описание трёхмерных объектов (не путать с имитацией трёхмерности путём светотени). Это открытый стандарт, который является рекомендацией консорциума W3C — организации, разработавшей такие стандарты, как HTML и XHTML. В основу SVG

легли языки разметки VML и PGML. Разрабатывается с 1999 года. В 2001 году вышла версия 1.0, в 2011 - версия 1.1, которая остается актуальной до сегодняшнего дня. В настоящее время в активной разработке находится версия 2 [12].

Достоинствами данного формата являются удобная для программиста структура хранения объектов при помощи тегов, открытая спецификация, возможность сжатия конечного файла в формат .svgz.

Данный формат хранения наследует все недостатки своего «предка» - xml, а так же сложен при чтении больших объектов (например, в картографии), так как для отображения маленького участка необходимо прочесть весь файл.

В диссертации Г.Б. Широкого [13] приведены результаты статистической обработки числовых показателей значительного числа реальных чертежей, чья электронная версия хранилась и обрабатывалась в различных системах, в том числе в КОМПАС и AutoCAD (Табл.1 и рис. 4).

Таблица 1

Числовые соотношения средних длин файлов систем

Система	КОМПАС	AUTOCAD	CATIA2D	CATIA3D
КОМПАС	<del>2.22</del>	0.45	0.31	0.125
AUTOCAD	2.22	<del>1.46</del>	0.684	0.278
CATIA2D	3.226	1.46	<del>2.457</del>	0.407
CATIA3D	8	3.6	2.457	<del>0.125</del>

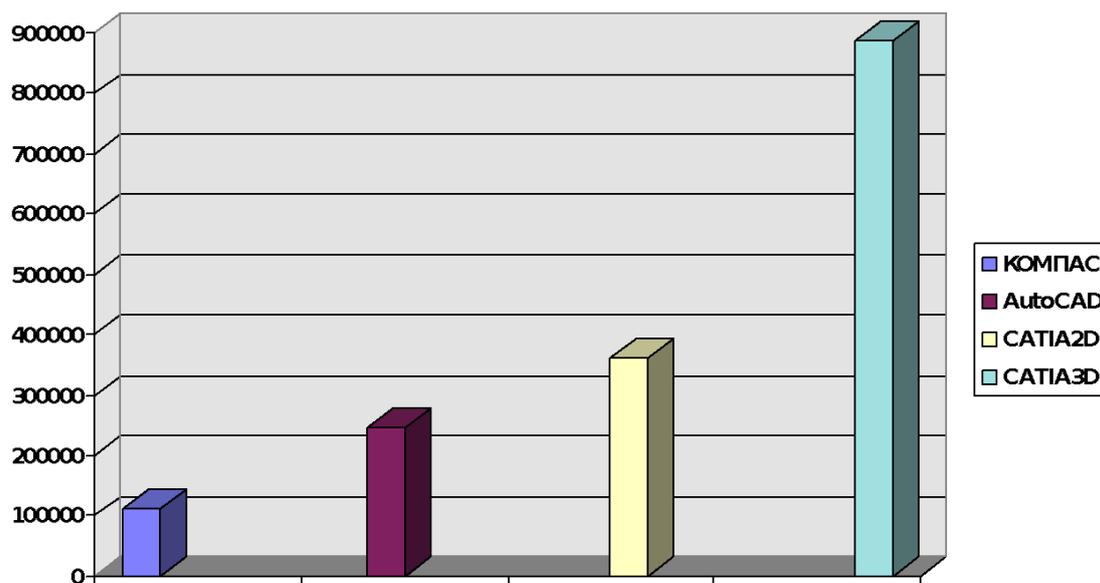


Рис. 4. Диаграмма соотношения средних длин файлов систем[13]

На основе этих данных, можно сделать вывод о разреженности внутренней структуры хранения данных у систем Autocad, Catia2d и Catia3d по сравнению с системой Компас, что увеличивает время доступа к данным и их обработку.

Исходя из поставленной задачи, достоинств и недостатков представленных форматов, для реализации процедуры обмена данными между системой геометрии и графики и прикладной программой пользователя наиболее подходящими являются форматы .cdw и .dxf. Рассмотрим подробнее процедуры чтения и записи данных форматов.

#### **Чтение и запись формата .dxf**

Поскольку формат .dxf является текстовым, то операции чтения и записи осуществляются так же, как и у обычного текстового файла, с тем отличием, что данный формат имеет определенную структуру, состоящую в основном из 4 секций.

Секция HEADER хранит в себе различные именованные переменные чертежа, например, версию создавшей файл программы, максимальные и минимальные координаты в чертеже и т.д.

Секция TABLES хранит в себе массивы данных, такие как: таблица слоев со всеми их свойствами, таблица стилей и т.д.

Секция BLOCKS хранит в себе описание примитивов, объединенных в блоки. Каждый блок имеет уникальный идентификатор, позволяющий вставить данную часть чертежа при помощи команды INSERT в любое место в конечном чертеже. Кроме того, после изменения внутри одного блока, все его включения в основной чертеж также изменятся.

Секция ENTITIES хранит в себе описание графических примитивов и, по сути, является отрисовываемой частью.

Все коды графических примитивов можно найти в спецификации формата на сайте компании Autodesk.

#### **Чтение и запись формата .cdw**

Чтение бинарного формата .cdw осуществляется из прикладного приложения путем взаимодействия с САПР «Компас» через предлагаемое компанией «Аскон» API (англ. *Application Programming Interface*) и СОМ-объекты (англ. *Component Object Model*), обеспечивающие связь между двумя запущенными приложениями.

Таким образом, чтение данных из файла формата .cdw возможно произвести лишь средствами САПР «Компас», когда нужный файл открывается внутри САПР и интересующие данные при помощи связующего СОМ-объекта передаются родительскому процессу прикладного приложения.

Вместе с САПР «Компас» поставляется SDK (англ. *Software Development Kit*) с примерами использования API, где также описана процедура чтения данных из открытого документа при помощи обхода всех имеющихся слоев, видов и объектов внутри чертежа.

Запись формата .cdw также осуществляется при помощи API «Компас» и средствами самой САПР.

#### Литература

1. Арутюнов С.Г., Барабанов В.В., Везиров В.Н., Давыдов А.Н., Дмитров В.И., Судов Е.В. Концепция формирования и развития CALS-технологий в промышленности России. Редакция 23.11.97. Проект. – В сб. Проблемы продвижения продукции и технологии на внешний рынок. Спец. выпуск. 1997. – С. 7-23.
2. J. Russell, R. Cohn, IGES, 2013 – 101p.
3. Подколзин В.Г., Судов Е.В. Применение STEP-технологии при построении корпоративной системы «КБ-завод». // В сб. Проблемы продвижения продукции и технологий на внешний рынок. Специальный выпуск. М., 1997. – С. 41-44.
4. ГОСТ Р ИСО 10303-21-2002. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. – Москва: Госстандарт России, 2002.
5. Ганин Н.Б. Трехмерное проектирование в Компас-3D, Москва, 2012. – 784 с.
6. ЗАО АСКОН. Система проектирования спецификаций. Руководство пользователя, Москва, 2005. – С. 98-99.
7. Журавлев А.С., AutoCAD для конструкторов. Стандарты ЕСКД в AutoCAD 2009/2010/2011, Санкт-Петербург, 2011. – С. 24-27.
8. DWG [Электронный ресурс]: Wikipedia. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/DWG> (дата обращения: 11.03.2015).
9. Полещук Н.Н. Autocad 2009: наиболее полное руководство, Санкт-Петербург, 2009. – 1184с.
10. DXF [Электронный ресурс]: Wikipedia. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/DXF> (дата обращения: 11.03.2015).
11. J. D. Eisenberg, SVG Essentials, 2002. – 360с.
12. SVG [Электронный ресурс]: Wikipedia. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/SVG> (дата обращения: 11.03.2015).
13. Широкий Г.Б. «Средства архивизации геометро-графической информации в процессе автоматизированного проектирования на крупном предприятии», Дисс. На соиск. Уч. Ст. канд. Техн. Наук по спец. 05.01.01 Нижний Новгород, ННГАСУ, 1999. – 125с.

### Очистные сооружения ливневых сточных вод

Необходимость совершенствования технологий локальной очистки ливневых сточных вод с каждым годом становится все более актуальной. Проблема очистки ливневых вод особенно актуальна для соблюдения санитарных норм и защиты окружающей среды на предприятиях нефтепереработки, ж/д транспорта автохозяев, АЗС, нефтебаз, групп иных предприятий с особыми условиями производства, поскольку в их состав входит комплекс органических и неорганических примесей. Ливневые сточные воды с территории таких производств и предприятий, а также ряд производственных стоков подлежат специальной очистке на локальных сооружениях.

Основная задача очистных сооружений ливневой канализации удаление взвешенных веществ, жиров масел, органических веществ и нефтепродуктов со снижением их содержания на 85-98%, причем наиболее жесткие требования предъявляются по снижению содержанию в очищенной воде нефтепродуктов свыше 95% (табл. 1).

Таблица 1

Содержание основных загрязнений в ливневых сточных водах до и после локальной очистки (мг/л) [1]

Показатель	На входе	На выходе
Нефтепродукты	50-200	0.3-0.05
Взвешенные вещества	500-2000	300-7.25
БПК <sub>5</sub> мгО <sub>2</sub> /л	30	2

В основу всех существующих технологических систем локальной очистки нефтесодержащих поверхностно-ливневых вод заложены следующие группы методов: механические, физико-химические, биологические.

Механические методы очистки поверхностно-ливневых вод. Общим признаком данной группы методов очистки является то, что в их основе лежит гравитационная сепарация нефтепродуктов, взвесей и воды. Механическая очистка является самым распространенным методом обработки воды, содержащей нефтепродукты и взвеси. В процессе механической очистки из сточных вод удаляются крупные загрязнения и крупнодисперсные примеси, находящиеся как в твердом, так и в жидком состоянии (в т. ч. нефтепродукты). К сооружениям механической очистки относят песколовки, нефтеловушки, отстойники, пруды накопители, гидроциклоны и центрифуги. В процессе механической очистки из обрабатываемой воды удаляются загрязнения, имеющие крупность более 60 мкм.

Физико-химические методы очистки поверхностных стоков. В технологических схемах очистки поверхностных сточных вод широкое практическое применение нашли разделительные физико-химические процессы, такие, как: пенная сепарация (компрессионная, барботажная и импеллерная); сорбция; коагулирование; коалесцирующая сепарация; флотация; электрохимические процессы (электрокоагуляция и электрофлотация); мембранные процессы. Физико-химические процессы очистки нефтесодержащих сточных вод являются наиболее эффективными. С их помощью возможно доведение качества очистки поверхностных сточных вод до требований, предъявляемым при сбросе очищенного стока в систему централизованного водостока или непосредственно в водоприемник.

Биохимические методы очистки нефтесодержащих сточных вод. Биохимическая очистка применяется, как правило, после сооружений механической и физико-химической очистки. Биохимические процессы, в том числе биосорбция, – это универсальный способ удаления из предварительно очищенных сточных вод растворенных органических веществ. Наиболее простыми и дешевыми сооружениями биохимической очистки поверхностных сточных вод в естественных условиях являются биологические пруды и биологические плато. Процесс биосорбции относится к более дорогим сооружениям и осуществляется с помощью реактора с кипящим слоем загрузки. Он использует в качестве носителя гранулированный активированный уголь АГ-3 с размерами частиц от 1 до 2,5 мм. Для удержания биомассы внутри аппарата используются встроенный полочный отстойник и фильтр, скорость подъема воды в реакторе достаточна для поддержания загрузки во взвешенном состоянии [2]. Аппарат обеспечивает биохимическую реакцию очистки воды от органических и минеральных соединений, двухступенчатое отстаивание иловой смеси, фильтрование иловой воды, стабилизацию ила, промывку и регенерацию загрузки фильтра. Все процессы сосредоточены в одном аппарате [3].

В настоящее время для локальной очистки ливневых стоков применяется схема очистки предлагаемой фирмой «ЭКОЛАЙН» (рис. 1). Целью установки данного типа, показанная на рисунке, является удаление взвешенных веществ и нефтепродуктов из поверхностно-ливневых вод. В результате на выходе получается очищенная жидкость, которая может быть совершенно спокойно сброшена в водоем.

При прохождении стоков через систему ливневой канализации происходит постепенное осаждение нерастворимых веществ в пескоотделителе, затем в масло-бензоотделителе (масло нефтеуловитель, нефтеловушка, бензо-маслоотделитель) -бензоуловитель, гравитационным способом отделяется большая часть нефтяных частиц. Улавливание оставшихся нефтяных частиц обеспечивается динамическим поглощением в сорбционном фильтре.

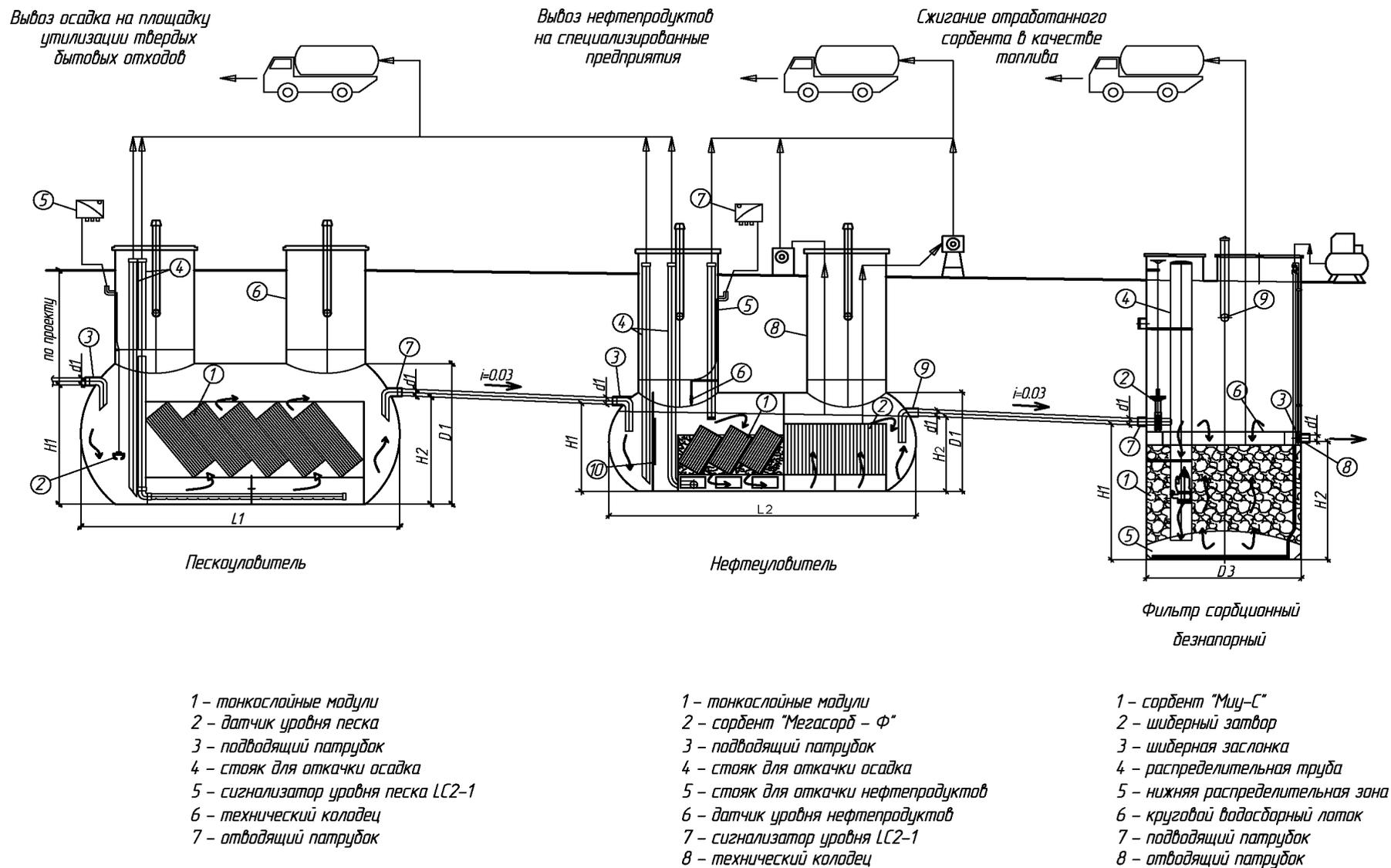


Рис. 1. Технологическая схема очистки поверхности стока «Эколайн»

Система ливневой канализации, состоящая из пескоотделителя и масло-бензоотделителя (масло-бензоуловителя, нефтеуловителя, нефтеловушки, бензо-маслоотделителя), позволяет получить на выходе степень очистки по взвешенным веществам до 20 мг/л, по нефтепродуктам до 0,3 мг/л. После сорбционного блока степень очистки составляет по взвешенным веществам до 3 мг/л, по нефтепродуктам – до 0,05 мг/л, что соответствует нормативам сброса на рельеф или в водоем рыбохозяйственного назначения.

Вывод: Преимущества оборудования предлагаемой фирмой «Эколайн»

1) Установки для очистки ливневых сточных вод и поверхностного стока изготавливаются и поставляются в полной готовности к эксплуатации.

2) Установки для очистки ливневых сточных вод изготавливаются из современных материалов и комплектующих, стойких к длительному воздействию окружающей среды и агрессивным веществам, что гарантирует длительную безотказную работу, рассчитанную на период не менее 50 лет.

3) Компактность изделия, возможность размещать на ограниченных территориях.

4) Возможность устройства обводной линии (байпаса).

5) Наличие колодца для отбора проб.

6) Возможность размещения под заданную глубину трассы, регулированием высоты колодцев для обслуживания.

7) Доступная очистка.

8) Наличие постоянно действующего серийного производства, где всегда можно заказать комплектующие установленного технологического оборудования.

9) Отсутствие потребности в специальных зданиях и сооружениях.

10) Система ливневой канализации производится из стеклопластика

### Литература

1. ARGEL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.voda.ru/liven/veksa> 03.02.2015.

2. Устройство и расчёт аппарата «Биосорб» для анаэробной биологической очистки воды: метод. указания / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2006. – 29 с.

3. Катраева, И. В. Анаэробные аппараты для биологической очистки сточных вод: учеб. пособие / И. В. Катраева, С. В. Кулёмина ; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2008. – 76 с.

4. Очистные сооружения поверхностного стока. Группа компании «Эколайн» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.ecso.ru](http://www.ecso.ru).

### **Бестраншейная реновация самотечных коллекторов: плюсы и минусы**

Для современного этапа развития и эффективной эксплуатации развитой подземной инженерной инфраструктуры городов должен быть выработан новый подход, максимально ориентированный на использование бестраншейных технологий с научно-обоснованной стратегией восстановления выходящих из строя трубопроводов на базе выявленных приоритетов и однозначных критериев. Данный подход позволит значительно снизить обостряющуюся из года в год проблему последствий аварийных ситуаций, связанных с состоянием и содержанием подземных инженерных коммуникаций, сохранить существующую экологическую обстановку, значительно снизить техногенное воздействие подземных трубопроводов на геологическую среду и способствовать повышению уровня коммунального обслуживания городского населения.

Особое значение при решении данных проблем отводится городским водоотводящим (канализационным) сетям, которые являются одними из наиболее значимых подземных инженерных сооружений, оказывающих наибольшее влияние на окружающую природную среду.

Решение задачи предотвращения аварийных ситуаций и раннего старения трубопроводов водоотведения на базе новых подходов и разработанных на их основе нормативов технического обслуживания и ремонта будет способствовать реализации долгосрочных социальных и экологических проблем, стоящих перед современным городом. Большое количество используемых в городском хозяйстве методов реновации водоотводящих трубопроводов и их многочисленных модификаций также требует новых подходов, в частности, к интенсификации процессов восстановления трубопроводов различными методами, автоматизации их выбора для конкретных объектов эксплуатации на основе всесторонней и комплексной сравнительной оценки как стоимостных и эксплуатационных показателей, так и технологических, технических и других возможностей методов. Решение данного вопроса актуально не только при организации восстановления трубопроводов, но и их прокладки (нового строительства) в условиях современного города с высокой плотностью населения, развитой подземной инженерной инфраструктурой и, как правило, стеснённых условий производства работ.

Как убеждает практика проектирования и эксплуатации водоотводящих сетей, важным обстоятельством при выполнении ремонтно-восстановительных работ на них, в том числе, бестраншейными методами является обеспечение последующей гидравлической совместимости восстановленных и невосстановленных участков сети. В связи с этим проведение восстановительных работ должно изначально

рассматриваться с таким условием, чтобы предупредить явления гидравлического дисбаланса, возникающего в трубопроводной системе из-за значительных перепадов скоростей течения воды на стыках соседствующих невосстановленных и восстановленных участков сети, выполняемых из различных материалов (преимущественно полимерных с малыми коэффициентами гидравлического сопротивления). При расходах меньше максимальных, наблюдающихся в сетях в другие часы суток, как правило, происходит выпадение взвешенных частиц в осадок, т.е. образование наносов на стенках труб и в лотковой части. Однако при последующем возрастании расходов до максимальных, а скоростей до минимальных расчётных осадок смывается и трубопровод должен самоочищаться от выпавших ранее наносов.

Различные исследователи затрагивали вопросы выявления как абсолютных значений скоростей, так и анализа неравнозначности скоростей транспортирования примесей по поверхности, в глубине потока и в лотковой части трубы при перемещении наносов. Отмечается, что транспортирующая способность потока сточной жидкости зависит не только от скоростей, но и наполнений. С увеличением высоты слоя воды в трубе средние скорости течения в ней возрастают. Однако, с возрастанием наполнений увеличивается давление на дно, что ведёт к увеличению сопротивления передвижению ранее выпавших осадков. Таким образом, с увеличением наполнения можно не достичь желаемого эффекта, т.е. ощутимого увеличения донных скоростей вблизи лотков труб. Можно сделать вывод, что достаточное для передвижения наносов увеличение донных скоростей можно «достичь лишь путём увеличения уклона, но не путём увеличения только наполнения». Для размыва и подъёма осевших твёрдых примесей нужны скорости, примерно в 1,5-2 раза больше тех, при которых примеси выпадают в осадок. Однако начало движения гряд наносов и увлечение ранее выпавших частиц в поток транспортируемой сточной воды происходит при меньших скоростях, чем те, при которых примеси выпадают в осадок в лотковой части трубы.

Проведение подобных исследований изначально рассматривалось как важное мероприятие, направленное на подтверждение или опровержение бытующего среди специалистов мнения о «полной совместимости» пластмассовых труб с керамическими, чугунными и другими в системе водоотведения. Последнее обстоятельство должно быть неразрывно связано с вопросом эффективности применения в качестве взаимозаменяемых ремонтных защитных покрытий из различных материалов, которые порой резко отличаются по свойствам от материала эксплуатируемых трубопроводов. Особенно это различие проявляется при использовании в качестве внутренних защитных покрытий полимерных материалов.

Соблюдение и поддержание соответствующих стабильных гидравлических характеристик на соседствующих невосстановленных и восстановленных участках различного диаметра весьма значимо для

правильной организации и потенциальной безаварийной эксплуатации безнапорных сетей. Диаметры реабилитированных участков сети независимо от метода их восстановления должны быть подобраны таким образом, чтобы не нарушался режим течения сточных вод на последующих участках, т.е. отсутствовало подтопление, как следствие высоких скоростей и наполнений на предыдущих обновлённых участках трубопровода с малыми коэффициентами гидравлического сопротивления.

Как уже отмечалось выше, практика использования современных бестраншейных технологий позволяет реализовать три варианта восстановления ветхого участка протяжённой трубопроводной сети: с сохранением прежнего диаметра трубопровода, его увеличения или уменьшения. Данные вопросы являются весьма важными для проектировщиков при принятии решений о применении той или иной бестраншейной технологии из широкой гаммы положительно зарекомендовавших себя методов.

Одним из часто применяемых методов реновации является санация. Технология проведения санации должна обеспечивать трубопроводу механическую прочность для выдерживания им постоянных нагрузок (насыпного грунта, покрытий и др.) и временных (транспортных средств). При этом восстановление структуры трубопровода не должно сопровождаться ухудшением функционирования трубопровода, появлением дополнительных проблем, которые ранее не наблюдались (например, ухудшением гидравлических параметров течения воды и других).

Методы санации водоотводящих сетей предусматривают нанесение следующих типов защитных покрытий:

- набрызговых (облицовка полимерно-цементно-песчаным покрытием); применяются в основном на стальных и чугунных напорных участках городских водоотводящих сетей практически любого диаметра;
- сплошных (протяжка полимерных гибких оболочек или пластиковых труб с сохранением или разрушением старого трубопровода); применяются на напорных и безнапорных сетях различного диаметра;
- спиральных (навивка полимерных профильных лент на внутреннюю поверхность трубопроводов); применяются в основном для безнапорных водоотводящих сетей;
- точечных (наложение временных и постоянных бандажей на внутренней поверхности трубопроводов).

Качественно проведенная санация подземных трубопроводов позволяет достичь следующих результатов:

- обеспечить требуемый уровень надежности трубопроводов и снизить аварийность на подземных сетях;
- сохранить неизменными (в некоторых случаях для трубопроводов больших диаметров даже улучшить) гидравлические характеристики (например, за счет уменьшения коэффициента гидравлического трения при

использовании внутренних защитных оболочек из полимерных материалов);

- значительно уменьшить или предотвратить полностью явления инфильтрации и экс фильтрации, т.е. напрямую или косвенно способствовать снижению нагрузки на канализационные насосные станции и очистные сооружения, а также содействовать поддержанию соответствующей экологической обстановки.

Нижегородский водоканал, закупив оборудование *Flexoren*, второй год занимается реновацией внутри квартальных самотечных сетей канализации. Данные сети являются самыми старыми и соответственно самыми изношенными в городе. Метод *Flexoren* применяется для реновации самотечных канализационных коллекторов диаметром 100-300 мм через колодцы. *Flexoren* рекомендуется для восстановления трубопроводов, имеющих смещенные стыки, искривления как в плане, так и по профилю трассы.

Преимущества метода *Flexoren*:

- Минимальный объем земляных работ;
- Не нарушается работа транспорта, не наносится ущерб окружающей среде;
- Высокоэкономичная и быстрая прокладка;
- Высокая надежность восстановленного трубопровода;
- Исключение коррозии;
- Достаточная кольцевая жесткость труб SN8 - 8 кН/м<sup>2</sup>;
- Достаточная гибкость для прохождения коллекторов с криволинейными участками;
- Высокая стойкость к механическому истиранию благодаря трехслойной конструкции трубы;
- Увеличение пропускной способности существующего коллектора;
- Гибкая труба целиком перекрывает расстояние между колодцами;
- Возможность использования канализационного коллектора в процессе реновации.

Канализационные трубы *Flexoren* для бестраншейного ремонта самотечной канализации изготавливаются и поставляются 10-метровыми отрезками диаметрами 117, 140, 175, 200, 235 и 270 мм. Кольцевая жесткость труб – SN8, за исключением диаметра 270 мм – SN4. Трубы *Flexoren* соединяются на длину протаскивания сваркой специальными сварочными кольцами и вводятся в существующий канализационный коллектор через смотровые колодцы. Гофрированная снаружи и гладкая изнутри труба *Flexoren* с трехслойной стенкой легко сгибается, сохраняя при этом высокую кольцевую жесткость. Наружная гофрированная поверхность изготавливается из ПЭВП. Гладкая внутренняя поверхность из слоя ПЭВП с низким коэффициентом сопротивления потоку обеспечивает высокую пропускную способность. Средний слой из термопластикового эластомера (ТПЭ) придает трубе гибкость. Благодаря высокой стойкости к механическому истиранию, нормальный износ

внутренней стенки труб *Flexoren* – 0,5 мм – 100 лет. Благодаря применению данной технологии, в ближайшие годы удастся решить массу проблем и сократить издержки, связанные с профилактикой и капитальным ремонтом самотечных сетей канализации города.

УДК.626.17

А.Е. Смирнов

### **Укрепление берегов водных объектов ячеистыми конструкциями**

На сегодняшний день актуальна тема динамических процессов береговой зоны водных объектов. Переработка берегов протекает под влиянием течений, волновой энергии воды и оползневых процессов. Опыт эксплуатации построенных крупных водохранилищ (Горьковского, Куйбышевского, Днепровского и др.) показывает, что разрушение берегов в отдельных случаях может продвигаться вглубь суши до 100-200 м. Повышенная активность переработки берегов и оползневого процесса в основном наблюдается вследствие подмыва оползневых тел и откосов абразионных уступов в зоне переменного уровня, а также при более длительном стоянии воды в водном объекте на отметках выше допустимого уровня. Скорость смещения верхней бровки берега варьируется от 0,1 до 8 м в год, чаще от 0,2 до 2 м. Эти процессы очень опасны для близко расположенных населенных пунктов.

Вследствие подмыва и разрушения берегов в зоне переменного уровня происходит активизация оползней, примером чего является оползень 2005 г. у д. Воробьецово в Заволжском районе Ивановской области протяженностью вдоль берега реки Волги около 0,7 км. Объем активизировавшегося оползня превышает 1 млн. м<sup>3</sup>, при этом создались предпосылки для вовлечения в оползневой процесс жилых строений восточной части д. Воробьецово на протяжении около 250 м.

Наиболее динамичной областью с активным проявлением процессов перемещения и накопления осадочного материала является прибрежная зона водных объектов. Развитие отмелей в водных объектах и состав осадков, их слагающих, зависит от множества факторов, ключевыми среди которых являются волновые процессы, течения, состав и свойства размываемых пород, определяющие их прочностные характеристики, следовательно, и скорость абразии берегов.

Отложения гидродинамических потоков формируются при переносе размываемого материала под действием волн и течений. Наибольшей кинетической энергией обладают волны в верхних слоях воды, поэтому эта часть водной толщи является более подвижной и обладает максимальной способностью к разносу крупных фракций осадочного материала.

Ярким примером протекающих динамических процессов является переработка берегов Горьковского водохранилища (рис. 1).

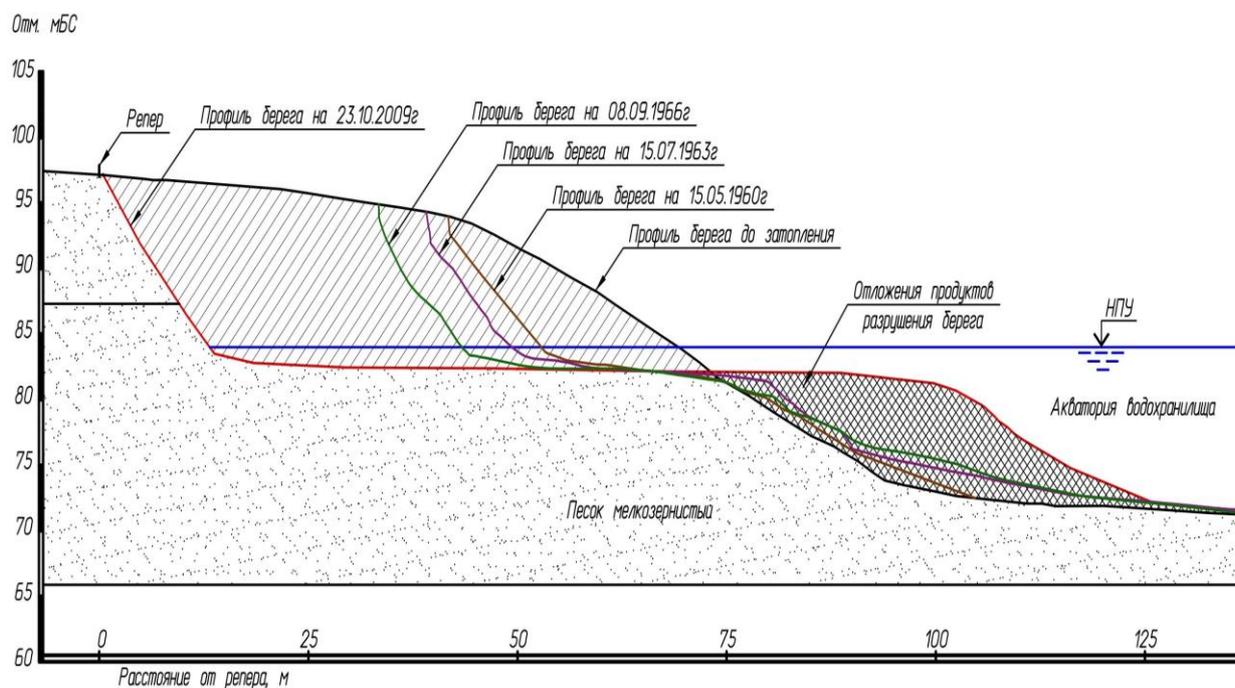


Рис. 1. Профиль берега Горьковского водохранилища

Одним из основных вариантов защиты береговых склонов от подмыва и разрушения является устройство защитных покрытий и облицовок откосов в зоне возможного подмыва. В последние годы для крепления откосов водных объектов широко применяются ячеистые конструкции с использованием современных материалов, такие как:

- ячеистая полиэтиленовая панель (георешетка);
- бетонные маты;
- бетонные блоки укреплений.

Схема крепления берега ячеистыми конструкциями представлена на рисунке 2.

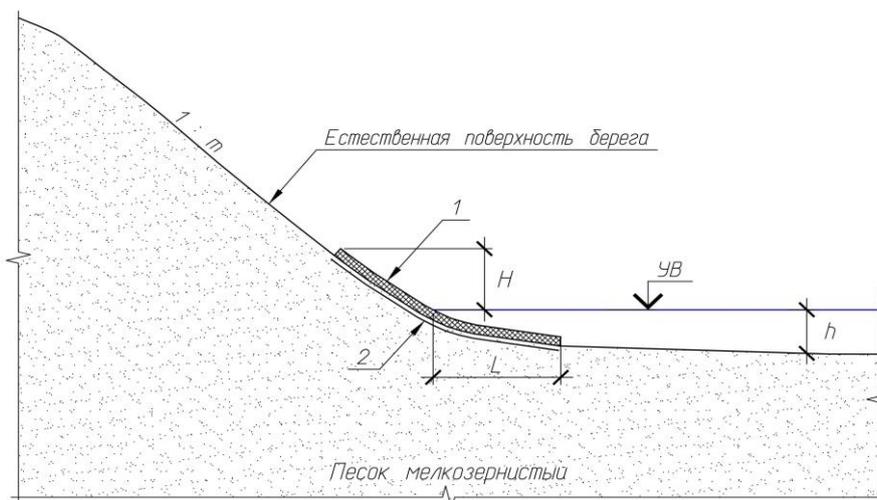


Рис. 2. Схема крепления берега ячеистыми конструкциями

1 – гибкое крепление ячеистыми конструкциями; 2 – синтетический обратный фильтр;

$H$  – высота возвышения над расчетным уровнем воды;  $L$  – величина заглубления под расчетный уровень воды;  $h$  – глубина воды в мелководной зоне при расчетном уровне воды

Преимуществами данного типа крепления является его гибкость в обоих направлениях; крепление обладает большой деформационной стойкостью, не теряя конструктивной однородности при просадке; возможность применения местных материалов вместо привозных и бетона; сохранение природного дренажа; удобны в транспортировке, подвижны и легки при сборке, быстро монтируются; не требуется планировки основания при устройстве креплений.

*Ячеистая полиэтиленовая панель (георешетка)* – это гибкая конструкция выполненная из высокопрочных полиэтиленовых лент путем сварки по отдельным линиям. В растянутом состоянии образуется сквозная ячеистая панель. Размеры панели в плане в растянутом состоянии – 2,44×6,1 м, 3,3×5,6 м, 4,8×9,6 м, в сложенном состоянии 3,4×0,13 м, 4,2×0,12 м, 6,1×0,2 м соответственно. Толщина панели – 0,1; 0,15; 0,2 м. Стандартная толщина ленты 1,25 мм, 1,35 мм, 1,5 мм, 1,6 мм, 1,8 мм и 2,0 мм. Диаметр ячейки 0,2; 0,3 и 0,4 м [1].

Ячеистые полиэтиленовые панели возможно применять для устройства покрытия откосов или облицовки. Данное крепление применяется при скоростях течения воды до 2 м/с с высотой волны до 0,5 м, при значительной агрессивности воды – среды, содержащей вредные химические примеси большой концентрации; сложения откосов из грунтов с растворимыми вредными примесями; повышенных требованиях по долговечности покрытия в условиях сурового климата.

*Бетонные маты* представляют собой модули прямоугольной формы, в которых блоки соединяются между собой полипропиленовыми тросами. Бетонные маты применяются для крепления подтопляемых откосов насыпей и плотин, защиты подводного перехода трубопровода от механических повреждений, защиты грунтов от размыва. Конструкция крепления откоса бетонными матами представлена на рисунке 3.

Основным преимуществом данного типа крепления является его гибкость в обоих направлениях, что также повышает его защитную функцию. Данный тип крепления применяется при скоростях течения воды до 7 м/с и высоте волны до 4 м, а также выдерживает нагрузку от льда толщиной до 2,5 м [7].

*Бетонные блоки укреплений* предназначены для крепления откосов насыпей, дна каналов и кюветов, укрепления берегов рек и водоемов, крепления откосов плотин и дамб. Бетонные блоки имеют размеры 49×49 см и толщину 10 см. Углы блоков срезаны. В плоскостях срезов углов расположены арматурные выпуски. Арматурные выпуски в виде петель расположены в вертикальной плоскости, при этом длина выпусков назначена из условия размещения их в пределах внешнего очертания плиты. Выпуски предназначены для скрепления блоков в единый ковер. Скрепляются блоки арматурными связями.

Бетонные блоки укреплений применяются при скоростях течения воды не более 3,5 м/с и толщине ледового покрова не более 20 см.

В последние годы ячеистые конструкции получают все более широкое применение в креплении откосов берегов водных объектов. Однако, воздействия на крепления в зоне переменного уровня с учетом влияния мелководий остаются не исследованными. Следовательно, неизвестны и оптимальные конструкции креплений в этой зоне. Поэтому актуально проведение комплекса исследований по выявлению количественных характеристик, области применения данного типа крепления.

Комплекс исследований для ячеистых конструкций реализуется в следующем составе:

- определение нижней и верхней границы крепления с учетом влияния условий мелководной зоны;
- исследования нагрузок и воздействий на крепление в зависимости от условий мелководной зоны;
- определение наиболее целесообразной зоны крепления берега в зависимости от условий мелководной зоны;
- определение наиболее рациональных габаритных размеров крепления в зависимости от условий мелководной зоны;
- подбор обратных фильтров для данного типа крепления.

В результате реализации всего комплекса исследований, а также сбора и систематизации данных о ранее изученных материалах, планируется разработать рекомендации по проектированию укреплений берегов водных объектов ячеистыми конструкциями для защиты от переформирования.

#### Литература

1. Ежков, А.Н. Определение количественных характеристик области применения креплений грунтовых откосов ячеистыми полиэтиленовыми панелями с дисперсными заполнителями// Проблемы строительства, инженерного обеспечения и экологии городов/ Материалы II международной научно-технической конференции. – Пенза: 2000. – С. 25-29.
2. Ежков, А.Н. Восприятие ледовых нагрузок креплением грунтовых откосов из ячеистых полиэтиленовых панелей с дисперсными заполнителями / А.Н. Ежков, Е.М. Чучканова // Биосфера и человек – проблемы взаимодействия/ Сборник материалов V Международной научной конференции. – Пенза, 2001. – С. 121-124.
3. Бондаревский, Ю.П. Крепление откосов земляных сооружений бетонными ящиками с каменным заполнением / Ю.П. Бондаревский//Гидротехн.стр-во. – 1965. – №9. – С.10-12.
4. Lupinskiy, M.I. Каменные крепления откосов земляных плотин / М.И.Лупинский//Гидротехн.стр-во. – 1952. – №5. – С.16-20.
5. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов): СНиП

2.06.04-82\*: Утв. Госстроем СССР 15.06.82: Переизд. СНиП 2.06.04-82 с изм. N1 от 12.03.86 и N2 от 13.07.95: Взамен СНиП II-57-75: Срок введ. в действие 01.01.84 / Минстрой России. – Изд. офиц. – М.: ГП ЦПП, 1995. – 46с.

6. Строительные нормы. Указания по определению ледовых нагрузок на речные сооружения: СН 76-66. – М.: Стройиздат, 1967. – 18 с.

7. Методические рекомендации по проектированию и строительству защиты от размыва грунтовых откосов инженерных сооружений из покрытия бетонного защитного гибкого универсального (ПБЗГУ). Москва 2012г.

УДК 624.014

Я.А. Смышляева

### **Стальная кровля большепролетного арочного покрытия из пространственных сетчатых панелей двояковыпуклой кривизны**

В настоящей статье приведены результаты исследования НДС стальной пространственной сетки двояковыпуклой кривизны с размерами в плане 14x14 м, примененной в качестве несущей кровли по большепролетным аркам четырехгранного поперечного сечения (пролет 159,6 м; шаг – 18 м в осях поясов; 14 м – в осях смежных верхних панелей поясов между арками (рис. 1, 2, 3)).

Результаты исследования напряженно-деформированного состояния пространственной сетчатой панели двояковыпуклой кривизны с учетом расчетных длин диагоналей сжатых стержней рассмотрены по диагоналям сетки (рис. 4).

Для предварительного задания жесткостей сетки при расчете в ППП Skad рассмотрена работа сетчатой панели в пролете как отдельные бесшарнирные арки пролетом 14 м.

Расчетная длина одной такой арки принималась при  $f/l=900/1400=0,064$  по формуле:

$$l_x = l_0 \cdot \mu \cdot k_{\text{э}}$$

где  $\mu = 0,7$  ;

$k_{\text{э}} = 0,7$  – учитывает поддерживающий эффект соседних перекрестных арок.

Тогда  $l_x = 14000 \cdot 0,7 \cdot 0,7 = 6860$  мм. Исходя из предельной гибкости для сжатых стержней при  $\alpha = 0,5$  по формуле  $\lambda_u = 180 - 60\alpha = 150$ , требуемый радиус инерции сечения  $i_x = i_y = \frac{6860}{150} = 4,57$  см.

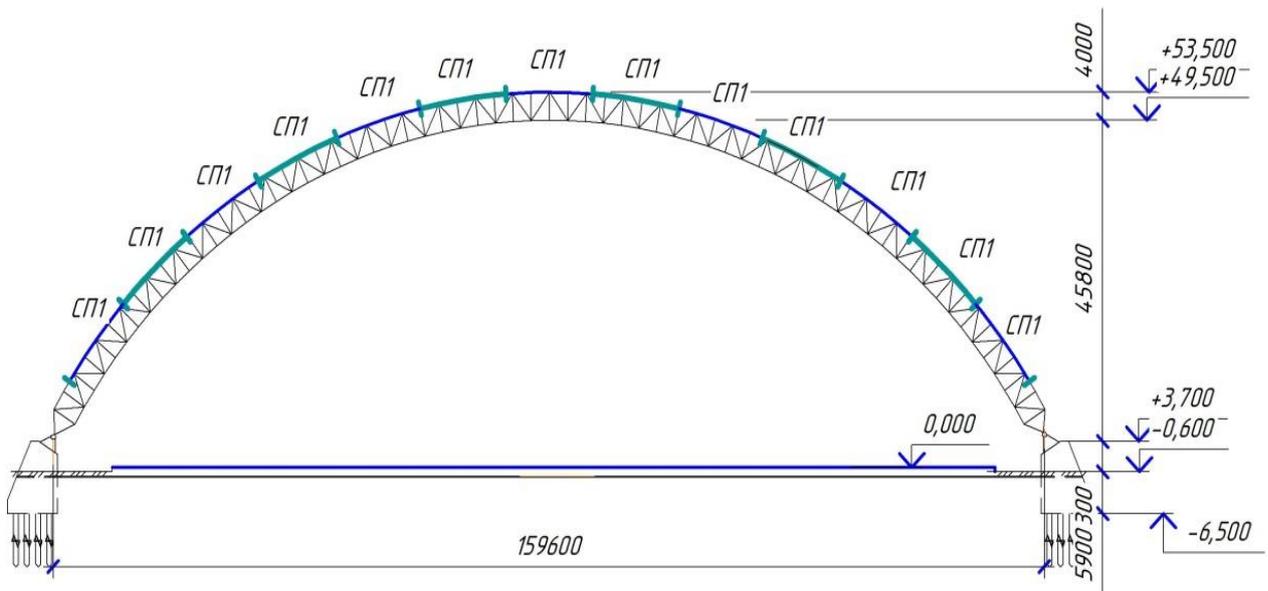


Рис. 1. Распределение сеток двояковыпуклой кривизны по периметру верхнего пояса арки

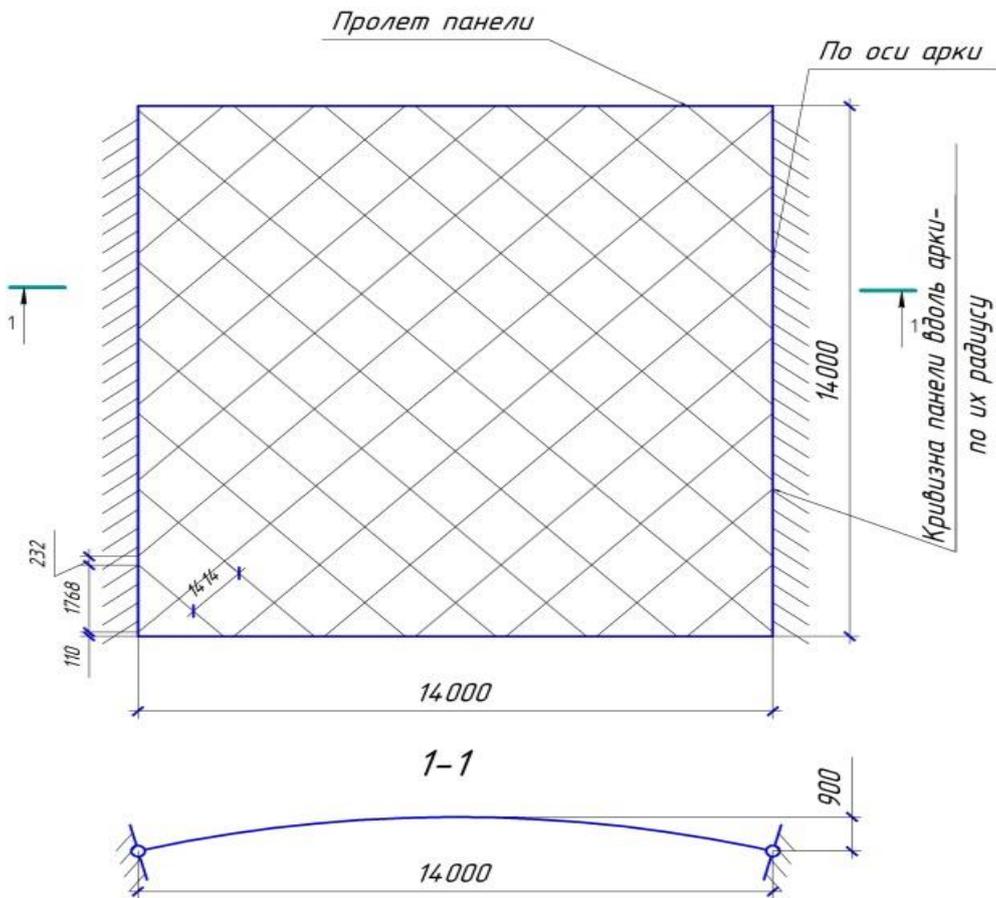


Рис. 2. Геометрическая схема сетчатой панели кровли

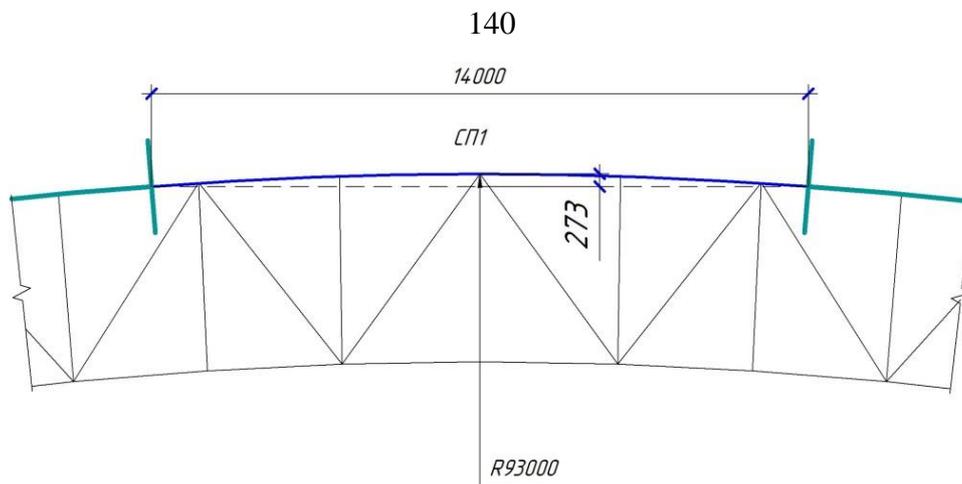


Рис. 3. Кривизна сетки вдоль верхнего пояса арки

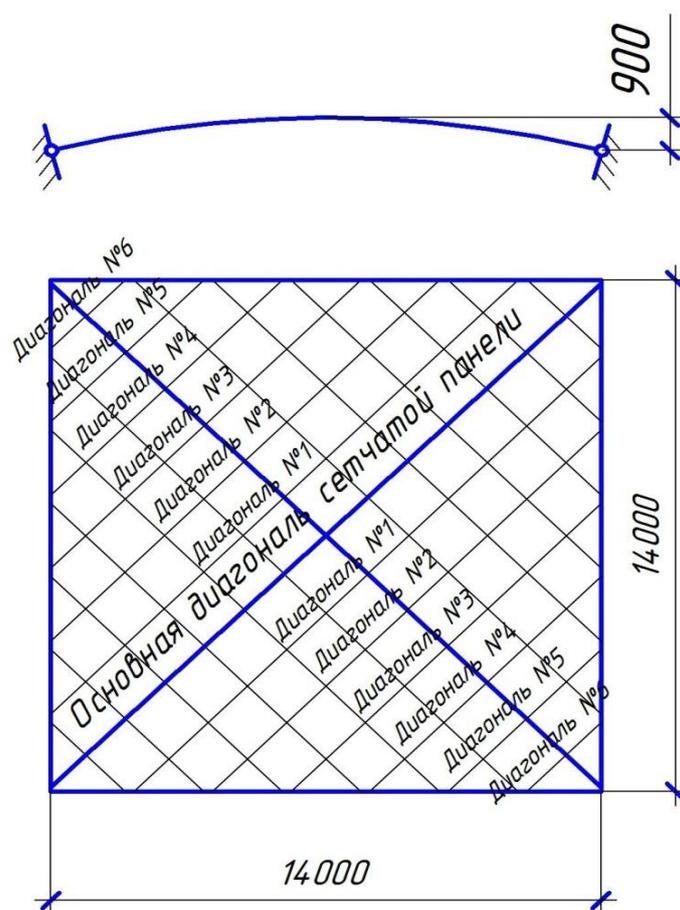
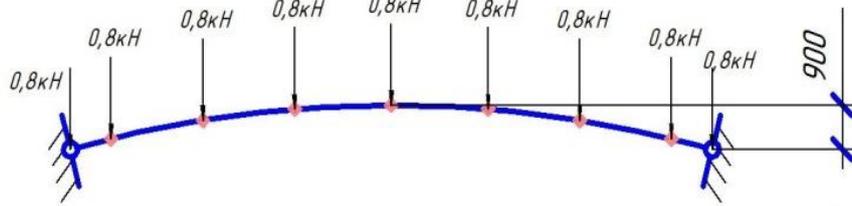


Рис. 4. Общая схема сетчатой панели двояковыпуклой кривизны

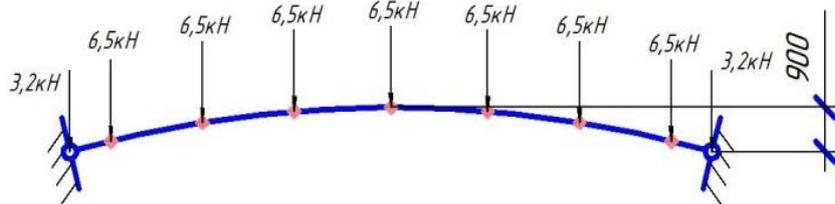
На основании этого был задан гнутый замкнутый квадратный профиль 120x4 с  $i_x = 4,74 \text{ см} > 4,57 \text{ см}$ . Принятое сечение принимаем для I этапа расчета КЭ-модели. КЭ-модель – стержневая, тип КЭ-модели – 5 (с жесткими узлами между стержнями), тип элементов – 5. Расчет выполняется в ПК Skad в линейной постановке задачи.

Результатом II этапа расчета КЭ-модели стали расчетные усилия от загрузений 1-5 по (рис. 5) и деформированная схема главной диагонали (рис. 4, 6).

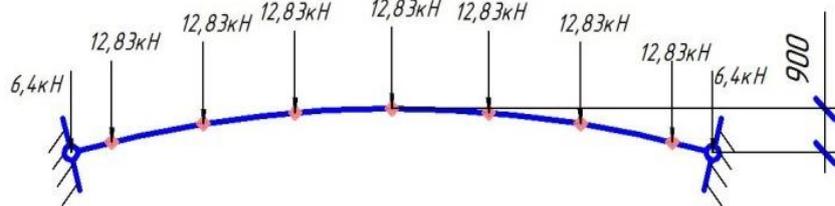
*Схема приложения нагрузки от веса поликарбоната*



*Схема приложения нагрузки от снега 1 загрузка  $\mu=1$*



*Схема приложения нагрузки от снега 2 загрузка  $\mu=2$*



*Схема приложения нагрузки от давления ветра справа (отсос)*



*Схема приложения нагрузки от давления ветра слева (напор)*

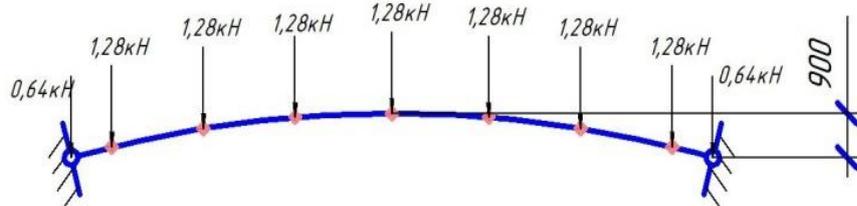


Рис. 5. Схемы приложения нагрузок на сетчатую панель двояковыпуклой кривизны

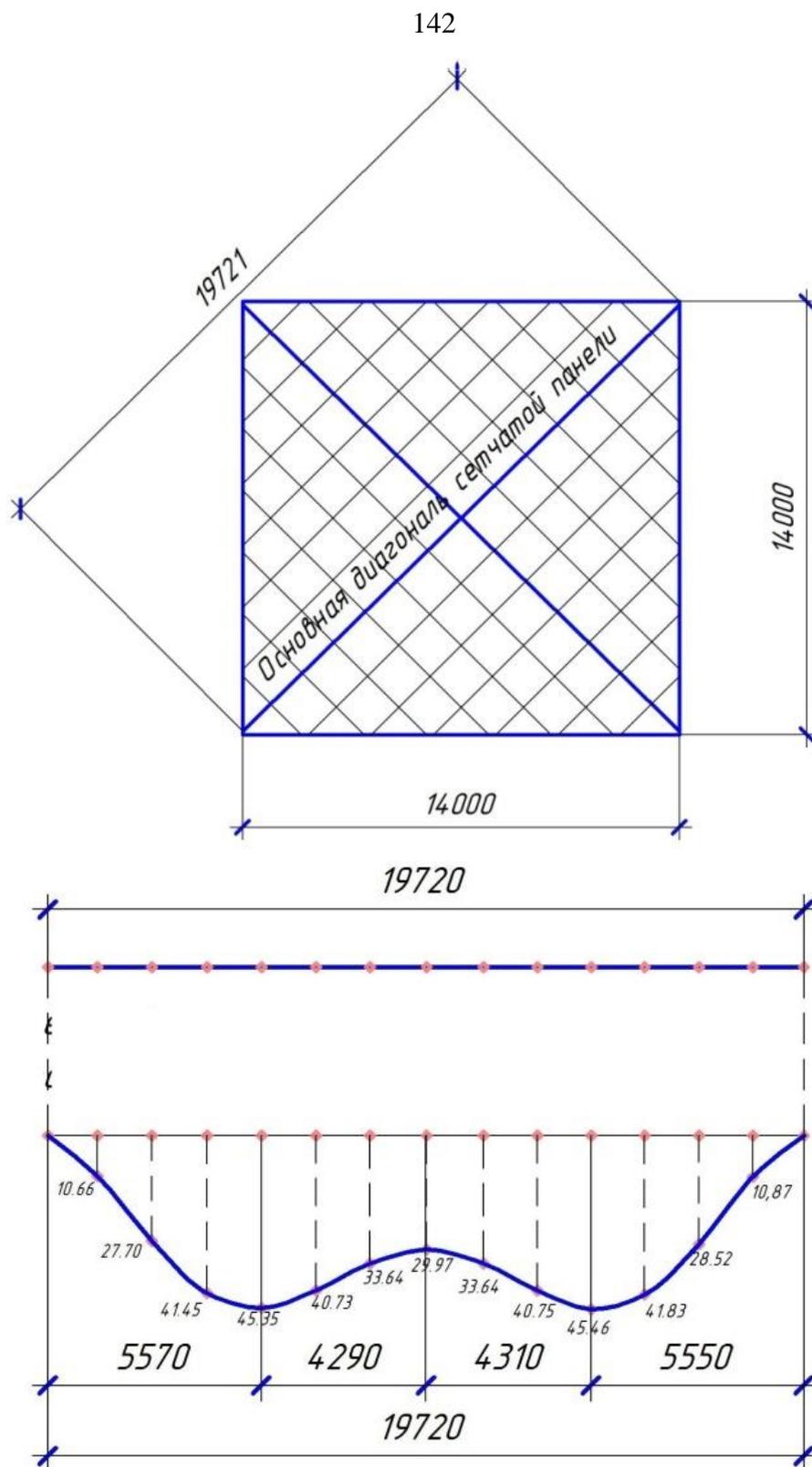


Рис. 6. Перемещения основной диагонали

По полученным усилиям I этапа на II этапе расчета уточнены расчетные длины сжатых стержней и получены новые поперечные сечения сетчатой панели (табл. 1).

Расчетные длины и сечения диагоналей сетчатой панели после I и II этапов

	I этап		II этап	
	Сечение	Расчетн. Длина, м	Сечение	Расчетн. Длина, м
Основная диагональ	120x4	1,29	140x4	5,57
Диагональ №1	100x5	1,35	140x4	5,3
Диагональ №2	100x4	1,35	140x4	5,5
Диагональ №3	63x3	1,35	140x4	8,95
Диагональ №4	63x3	1,48	100x5	5,65
Диагональ №5	63x3	1,55	63x5	2,8
Диагональ №6	63x3	1,55	63x3	1,52
Сторона опорного квадрата	140x6	1,94	180x8	7
	120x5	1,8		
-принято конструктивно	160x4		200x4	

Расход стали по II этапу составил  $32,25 \text{ кг/м}^2$ , что сопоставимо с расходом при данной расчетной нагрузке на нетиповые сквозные прогоны ( $L=14 \text{ м} > L=12 \text{ м}$  ( типовые)) с профлистом Н75 –  $750 \times 0,9$  ( $12,5 \text{ кг/м}^2$ ) и составляет в сумме  $38,73 \text{ кг/м}^2$ . Экономия стали на сетку составляет 16,7% без учета расхода на поликарбонат.

#### Литература

1. Металлические конструкции: учебник для студентов высш. учеб. заведений / Ю. И. Кудишин, Е. И. Беленя, В. С. Игнатъева; под ред. Ю. И. Кудишина. – 9-е изд., стер. – М.: Академия, 2007. – 688 с.
2. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\*. Свод правил. – Введ. 2011-05-20. – М.: [б. и], 2011. – 172 с.
3. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*. Свод правил. – Введ. 2011-05-20. – М.: [б. и], 2011. – 81 с.
4. Тимошенко С. П. Сопротивление материалов в 2 т. Т. 2/ С.П. Тимошенко. – М.: Наука, 1965. – 480с.

УДК 624.01/04

Д.В. Степанов

### Оценка технического состояния зданий и сооружений по динамическим параметрам

Одной из самых важных проблем безопасности строительных конструкций зданий и сооружений является реальная оценка технического состояния конструкций зданий и сооружений, а также контроль текущего технического состояния несущих конструкций в процессе эксплуатации.

В настоящее время оценку технического состояния зданий проводят на основании результатов обследования и поверочных расчетов. Методы обследования технического состояния зданий подразделяют на визуальные, инструментальные и инструментально-технические.

*Визуальный метод* обследования проводят в целях предварительной оценки технического состояния строительных конструкций зданий основанного на определении параметров конструкций по внешним признакам, *инструментальный метод* основан на использовании специализированных приборов и средств для контроля отдельных параметров конструкций. *Инструментально-технический метод* объединяет в себе визуальные и инструментальные методы обследования зданий с использованием программных средств конечно-элементного анализа для получения характеристик устойчивости, деформативности и прочности.

Одной из проблем существующих методов обследования, применяемых для оценки технического состояния зданий, является отсутствие оценки здания в целом, т.е. контролируются отдельные параметры конструкций. Категория технического состояния здания устанавливается в зависимости от доли снижения несущей способности и эксплуатационных характеристик отдельных конструкций по отношению ко всему зданию.

К недостаткам данных методов можно также отнести отсутствие оценки параметров недоступных, скрытых конструкций и их узлов, такие как грунтовое основание, фундаменты и т.д. Данные параметры контролируются по косвенным признакам (наличию и характеру трещин, повреждений и т.д.), по отдельным вскрытиям конструкций и их узлов.

Современная приборная база и программные комплексы позволяют решать задачи по определению динамических параметров отдельных конструкций и здания в целом, что, при наличии соответствующих методов, позволяет оценить техническое состояние здания в целом и, в последующем, локализовать выявленные дефекты.

Каждому зданию или сооружению присущ индивидуальный комплекс параметров динамических характеристик пространственных колебаний, отображающий свойства подстилающего грунта (основания), фундамента, строительных материалов и конструктивные особенности объекта, а также их изменения во времени и нарушение целостности строительной конструкции объекта в процессе эксплуатации.

В результате воздействия динамических нагрузок здание в целом и каждый ослабленный элемент объекта осуществляют вынужденные пространственные колебания на частотах собственных форм, что позволяет определить в точках измерений численные значения параметров динамических характеристик колебаний объекта и ослабленных элементов, отображающие его текущее техническое состояние.

Изменение категории технического состояния здания или сооружения сопровождается снижением прочностных свойств строительных материалов и конструкции в целом, что отображается в виде изменения параметров динамических характеристик.

Степень эксплуатационной пригодности несущей строительной конструкции или здания и сооружения в целом, а также грунтов их основания, устанавливается в зависимости от доли снижения несущей способности и эксплуатационных характеристик, определенных в зависимости от характера изменения динамических параметров.

Локальные дефекты, вызывающие изменение величин коэффициентов поглощения и упруго-инерционных параметров, изменяют соответственно численные значения частот и деформируют расчетную или первоначально полученную конфигурацию форм собственных колебаний строительной конструкции. При этом характер и степень деформации определяют взаимодействие строительной конструкции и дефекта, что позволяет, с учетом особенностей конструкции, выделить аномальные зоны поглощения (зоны частичного разрушения и зоны нарушения свойств упругих связей).

Сопоставление полученных при обследовании объекта значений параметров динамических характеристик с первоначальными или предыдущими значениями (при повторных обследованиях) позволяет оценить степень изменения технического состояния здания или сооружения.

Основные теоретические подходы при расчетах динамики сооружений в области строительства приведены в работах Р.В. Клафа, Д. Пензиена, В.В. Болотина, Д.Г. Копаницы, А.П. Мельчакова и др.

Основные практические подходы по определению динамических параметров разработаны в работах М.А. Шахраманьяна, Г.М. Нигметова, Н.К. Капустян, В.А. Котляревского, Г.Э. Шаблинского, Г.Г. Болдырева, В.А. Акатьева, Я.М. Айзенберга и др., однако в них не приводится количественная оценка категорий технического состояния несущих систем зданий, не определено влияние наиболее значимых факторов на расчетные величины динамических параметров.

Разработка методики оценки технического состояния зданий на основе динамических параметров, позволяющая повысить объективность и достоверность полученных результатов, сократить сроки проведения технического обследования, является актуальной научно-технической задачей.

### К вопросу изучения соединений деревянных конструкций с помощью материалов из углеродного волокна

В рамках рассмотрения совместной работы древесины и углеродного волокна, выступающего в роли элемента соединения, были поставлены несколько экспериментов по определению оптимального угла наклона углепластика по отношению к усилию в соединениях составных элементов.

Соединение элементов обеспечивалось приклеенным углепластиком посредством формования его из углеродной однонаправленной ленты отечественного производства холдинговой компании ЗАО «Композит» марки FibARM с плотностью  $230 \text{ г/м}^2$ , в качестве матричного полимера была взята эпоксидная смола ЭД-20 с добавлением отвердителя полиэтиленполиамина (ПЭПА) в пропорции 1/8 (т.е. на 100 г смолы 12 г отвердителя). Для исключения трения, боковые поверхности элементов были обработаны смазкой. Перед схватыванием клеевой основы соединение фиксировалось съемным крепежом. Схема соединения приведена на рисунке 1. Испытания проводились при различных углах наклона от  $0^\circ$  до  $45^\circ$ .

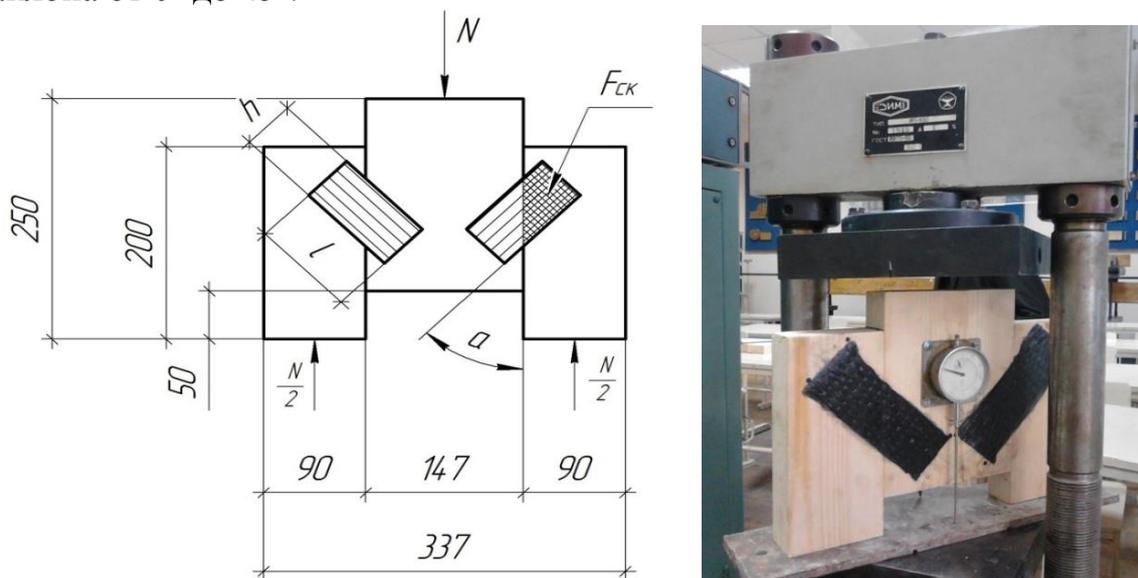


Рис. 1. Соединение, работающее на сдвиг составных частей

Испытания проводились на прессе ИП-100 с постоянным приростом загрузки в 1 кН до полного разрушения соединения. Основная задача проведения данных экспериментов состояла в определении коэффициента включения в работу углеродного волокна в зависимости от изменения угла наклона углеродной ткани. Идеальная модель поведения отрыв углеродной ткани при достижении предела прочности скалывания древесины под определенным углом.

После испытаний были построены графики для определения несущей способности соединений (рис. 2, 3).

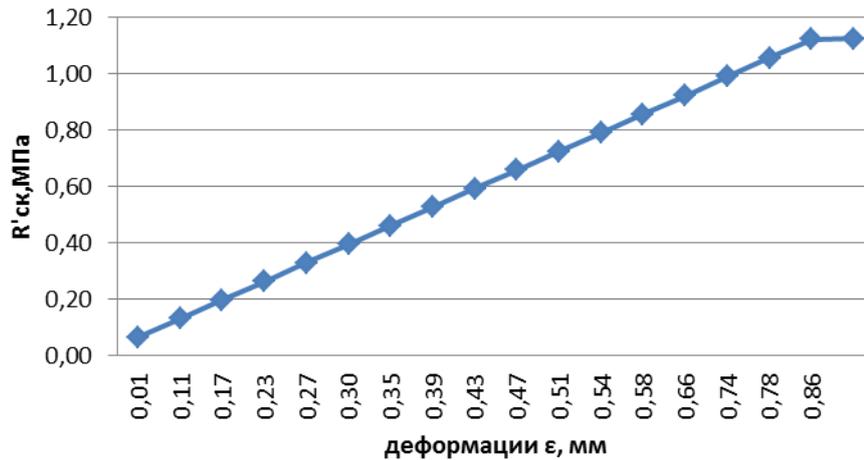


Рис. 2. График изменения сопротивления скалыванию UV от древесины под углом  $30^\circ$

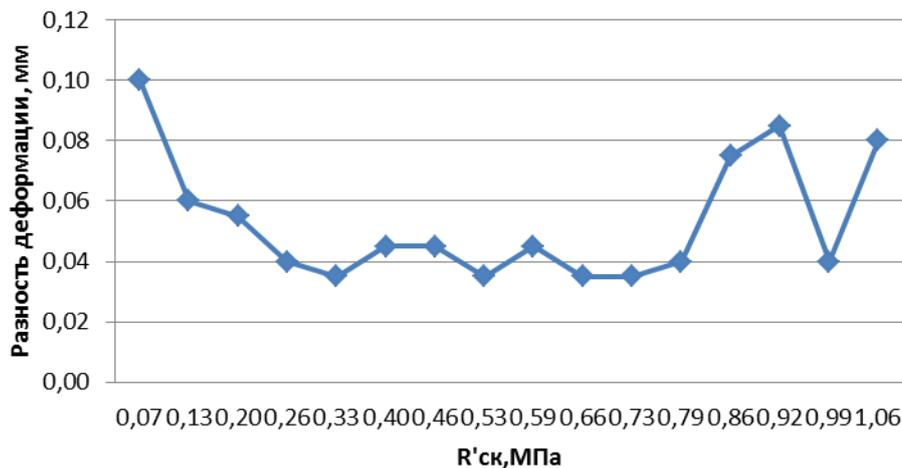


Рис. 3. График скоростного изменения прочности скалывания UV от древесины под углом  $30^\circ$

Все соединения разрушились по причине отрыва углеродного волокна от боковой грани элементов с различными показателями включения в совместную работу. Как правило отрыв ленты сопровождался незначительным отрывом поверхностной щепы древесины. Основная причина данных показателей является неглубокое проникновение клеевого состава внутрь пор древесины в соединении.

Для решения данной проблемы в железобетонных конструкциях используют праймер – дополнительный слой, позволяющий создать поверхность более приспособленную к удержанию наклеенной углеродной ленты.

В качестве дополнительного эксперимента было подготовлено несколько соединений, которые из себя представляли уже испытанные образцы с вновь наклеенным углеродным волокном по одной половине (где произошло разрушение первоначально). Предварительно с деревянного элемента были счищены остатки прошлого пластика и

произведен выравнивающий слой, который имел двойную роль: создал ровную поверхность и выступил в роли праймера, создав большую площадь склеивания с древесиной, как таковой. После чего углеродная ткань наклеивалась при формовании уже на подготовленную поверхность из пластика, который изготавливался из той же клеевой эпоксидной смеси.

После чего были проведены испытания данных образцов.

После данных испытаний также были построены графики для определения несущей способности соединений (рис. 5, рис. 6).

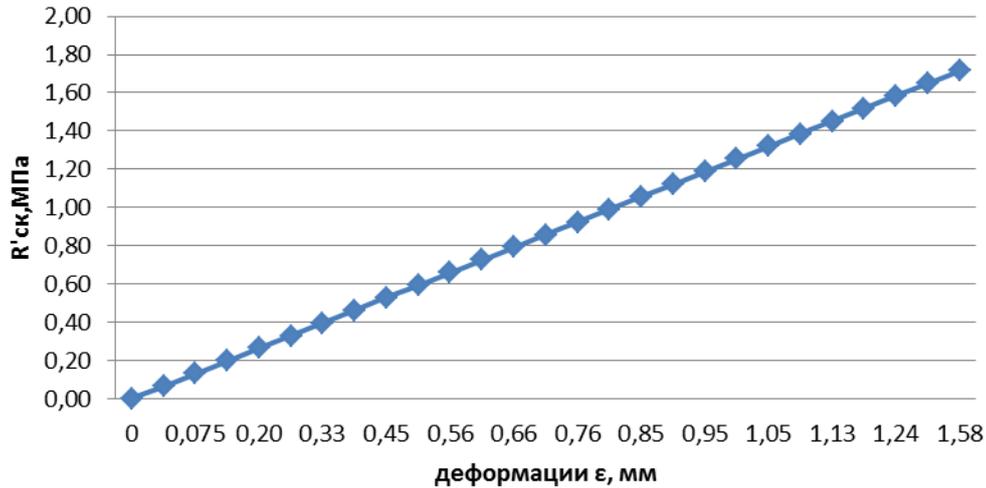


Рис. 4. График изменения сопротивления скалыванию УВ от древесины под углом 30 ° при повторном испытании

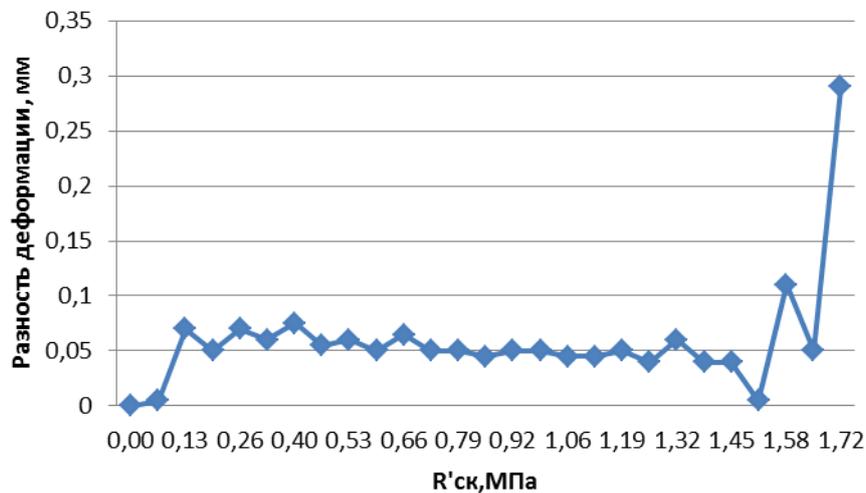


Рис. 5. График скоростного изменения прочности скалывания УВ от древесины под углом 30 при повторном испытании

Стоит отметить, что данные соединения были подготовлены таким образом, чтобы обе половинки не являлись равнопрочным соединением, чтобы понять, влияет ли наличие праймера на соединение или нет. По всем теоретическим выкладкам разрушение в данных соединениях должно было произойти по наименьшему по прочности клеевому шву, однако в большинстве соединений разрушилась та же часть, что и в первоначальном эксперименте.

При этом нагрузка, которую соединение выдержало, было вдвое больше, чем при первоначальном испытании, к тому же слой, который отлетал, скалывал гораздо больший слой древесины. Таким образом включение в работу углеродного волокна при использовании праймера или дополнительного слоя, увеличивающего площадь контакта, гораздо выше, чем при обычном наклеивании на простую поверхность древесины, результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 1

## Результаты испытаний

п, шт	$\alpha$ , град	R'ска, МПа	V, %	$\Delta$ , %	R <sup>BP</sup> ск $\alpha$ , МПа	$\gamma_n$
3	30	0,76	11,3	14,5	2,27	0,33
3	30	1,29	13,18	17,0	2,27	0,57

Однако остается вопрос, почему отрыв волокна произошел по прежнему склеиванию, несмотря на более прочный клеевой стык? Ответом на поставленный вопрос может стать несколько предположений. Очевидный факт наличия концентратора напряжения на той части, соединения, по которой произошло разрушение. Концентрация напряжений могла произойти в связи с неправильной геометрией опорной кромки, т.е. при давлении происходит перекося в одну сторону, однако при дополнительном осмотре был сделан вывод, что геометрия соединения довольно приемлема и превышение несущей способности в несколько раз не связана с данным фактом. Было предположение наличия клеевого стыка внутри соединения, однако после испытания следов наличия смолы на торцах деревянных элементов не было обнаружено. Остается наиболее объективный вариант, растяжение соединительного элемента при первоначальном испытании соединения, после которого элементы древесины смещены на несколько мм, что дает для вновь склеенных соединяемых элементов неодновременность включения в работу, т.е. при нагружении в работу включается не растянутый углепластик, а вновь наклеенный элемент и вся нагрузка изначально действует больше на вновь наклеенный углепластик. Поэтому когда нагрузка доходит до предела включения «старого» углепластика, прочность соединения «нового» углепластика уже на большом пределе, прочность будет зависеть исключительно от площади дополнительного слоя и глубины проникновения в поры древесины. Однако при этом стоит задаться тогда другим вопросом, какой жесткостью может обладать данный соединитель. И что в конечном счете ползет, древесина или углепластик. Существует показатель удлинения углеродного волокна в зависимости от его типа (высокомодульное или высокопрочное), однако клеевая масса или клеевой шов, как правило принимается абсолютно жестким, с другой стороны

толщина наклеенной основы может работать упруго на небольших перемещениях несмотря на свою хрупкость. Для более точного ответа на поставленные вопросы необходимо испытать отдельно углеродную ткань формованную вручную и посмотреть как податлив данный материал и какой жесткостью будет обладать соединение.

#### Литература

1. Реконструкция зданий и сооружений [Текст]: учеб. для вузов / А. Л. Шагин, Ю.В. Бондаренко [и др.]. – М.: ВЫСШАЯ ШКОЛА, 1991. – 353с.
2. Щуко, В.Ю./ Клееные армированные деревянные конструкции. СПб. – ГИОРД, 2009. – 128 с.
3. Линьков, Н.В. Несущая способность и деформативность соединений деревянных конструкций композиционным материалом на основе эпоксидной матрицы и стеклоткани [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01/ Н. В. Линьков. – М., 2010. – 244 с.

УДК 624.159.2, 624.073.2

В.В. Фатеев

### **Исследования напряженно-деформированного состояния здания, построенного на насыпном основании переменной мощности в Нижнем Новгороде**

В 1997 году в Нижнем Новгороде на улице Ломоносова было построено 7-этажное, кирпичное, бескаркасное здание жилого дома, Г-образной формы в плане, состоящее из 3-х секций, отделенных друг от друга температурными деформационными швами.

Междуэтажные перекрытия и покрытие из сборных железобетонных пустотных панелей опираются на продольные внутренние и наружные стены. Стены здания, выложенные из утолщённого силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе, опираются на плоскую неразрезную монолитную железобетонную фундаментную плиту толщиной 600 мм. Глубина заложения фундаментной плиты в зависимости от рельефа участка изменяется в пределах от 1,3 м до 3,47 м.

В связи с продолжающимися в течение 17 лет неравномерными деформациями грунтового основания и опирающегося на него здания, в 2013 году автором настоящей работы под руководством доцента кафедры архитектуры ННГАСУ, к.т.н. Григорьева Ю.С. было проведено комплексное инженерное обследование, включающее исследования технического состояния строительных конструкций здания и компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния системы «грунтовое основание - фундаментная плита».

При натурных исследованиях здания были обнаружены: 1) многочисленные трещины, пересекающие наружные и внутренние стены здания на отдельные каменные блоки неправильной формы (рис. 1); 2) смещения панелей перекрытий, лестничных конструкций, надоконных перемычек из проектного положения; 3) разрушения отдельных плит перекрытий и надоконных перемычек; 4) образования вертикальных трещин, отсекающих пилоны, служащие опорами для плит перекрытий лоджий, от наружных продольных стен здания; 5) перекосы оконных и дверных проёмов.



Рис. 1. Картограмма расположения трещин в наружных стенах секций №3 и №2, ориентированных по оси «К», на участке в осях VII-III

Результаты инженерно-геодезических измерений показали, что неравномерные осадки здания, а также крены его секций превышают предельные нормативные значения в несколько раз (рис. 2). Раскрытие температурного деформационного шва, отделяющего секцию №1 от секции №2, составило 770 мм в уровне верха парапета и 120 мм в уровне верхней плоскости фундаментной плиты (рис. 3).

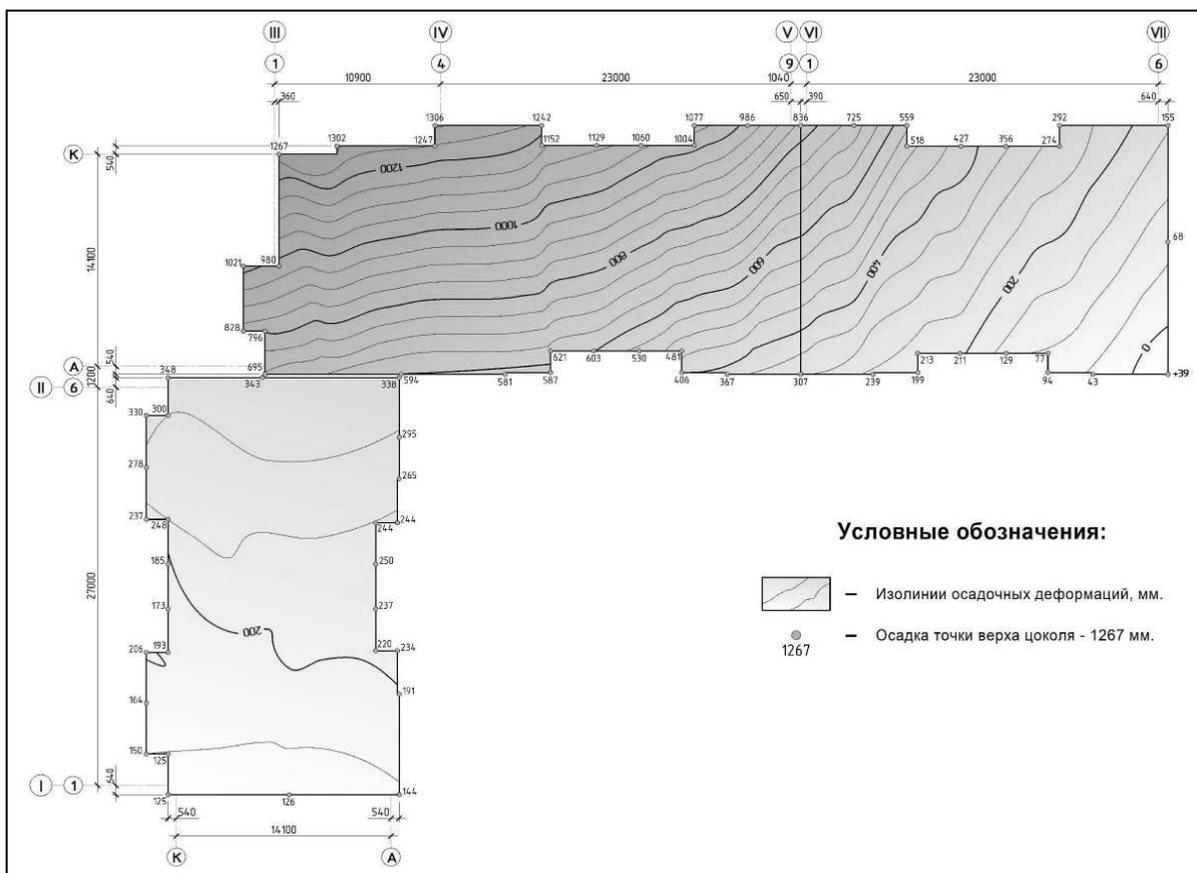


Рис. 2. Картограмма совместной неравномерной деформации грунтового основания и опирающегося на него здания

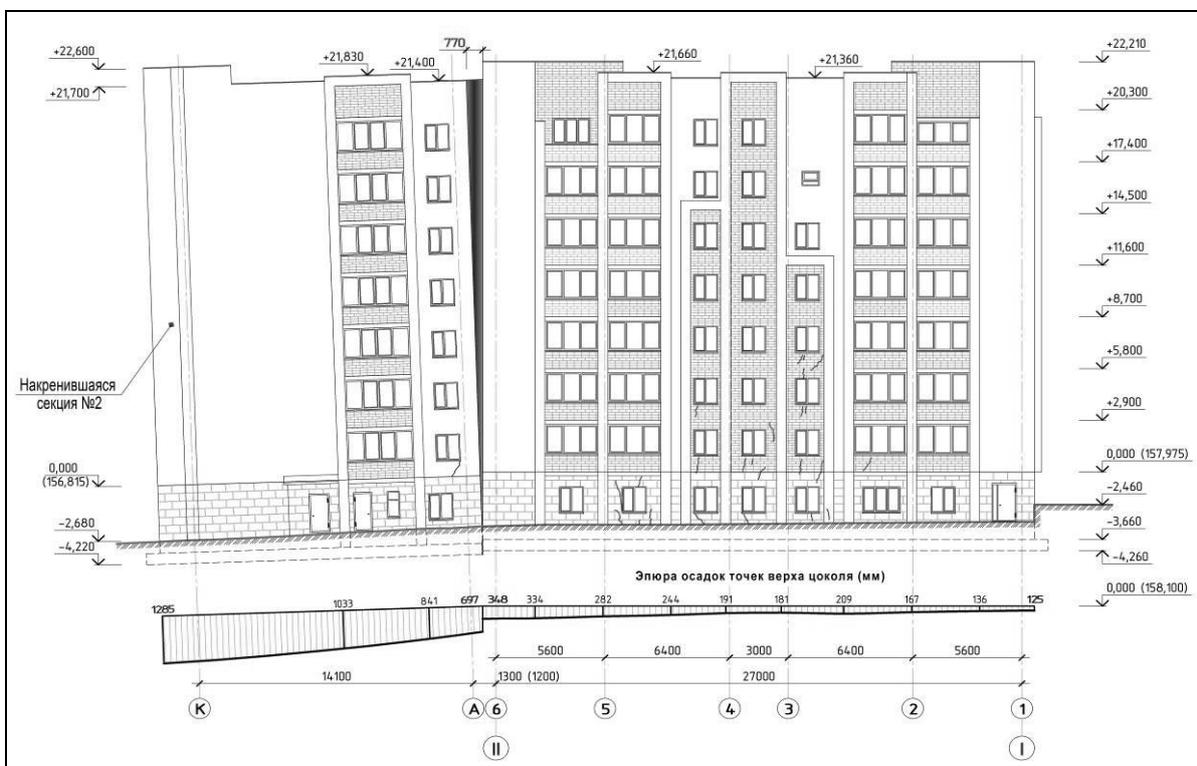


Рис. 3. Картограмма расположения трещин в наружной стене фасада секции №1, ориентированной по оси «К», на участке в осях «II-I». Раскрытие температурного деформационного шва, отделяющего секцию №1 (справа) от секции №2 (слева) составило 770 мм в уровне верха парапета

В геоморфологическом отношении рассматриваемый район является частью возвышенного плато правого высокого берега р. Волги, рассеченного густой овражно-балочной сетью.

Участок, отведенный под строительство, расположен в 15-18 м от бровки Изоляторского оврага. Грунтовое основание здания крайне неоднородное и это обусловлено: 1) расположением средней части дома на отвершке Изоляторского оврага, засыпанного разнообразными грунтами с бытовыми отходами, строительным мусором и с органическим веществом, содержание которого достигает 12-63%; 2) возможным наличием пустот и слабых зон в насыпных грунтах, образованных в результате захоронений, засыпки выгребных ям, погребов, подвалов; 3) наличием просадочных грунтов; 4) различной мощностью сильносжимаемых насыпных и просадочных грунтов, несущая способность которых при замачивании резко снижается, а деформируемость увеличивается.

Для наиболее детального исследования напряжённно-деформированного состояния системы «грунтовое основание – фундаментная плита» в ПК «SCAD Office» была построена 3-х мерная конечно-элементная модель здания, учитывающая с максимальной возможной точностью все конструктивные особенности здания (рис. 4).



Рис. 4. Трёхмерная конечно-элементная модель жилого дома, расположенного на улице Ломоносова, 15 в Нижнем Новгороде. Вид со двора

Компьютерное исследование напряжённно-деформированного состояния моделей грунтового основания было выполнено в программе «КРОСС».

Компьютерное моделирование совместной работы грунтового основания и опирающегося на него здания (рис. 5) позволило определить

распространение в плане и по глубине слабых насыпных грунтов и выполнить таким образом оконтуривание засыпанного отвершка Изоляторского оврага, формирующего территорию строительства здания, которое спустя 1,5 года было подтверждено результатами инженерно-геологических изысканий, выполненных в сентябре-октябре 2014 года.

Компьютерным моделированием установлено, что фактическое армирование фундаментной плиты недостаточно для обеспечения её прочности. Были выявлены участки, в которых фактическое армирование фундаментной плиты в несколько раз меньше требуемого по расчёту, что подтвердилось результатами натурных исследований, в ходе которых был обнаружен разлом – разрушение фундаментной плиты, с разделением её на несколько частей [1].

Использование расчётной схемы с уточнёнными инженерно-геологическими условиями участка, позволило смоделировать и таким образом выполнить прогноз напряженно-деформированного состояния грунтового основания и фундаментной плиты в случае, если плита будет полностью разрушена - разрушен не только бетон, но и арматура.

Разрушение фундаментной плиты с разделением её на 3 части приведет к увеличению кренов секции №2 и №3. Таким образом, сложившаяся ко времени проведения исследований аварийная ситуация в дальнейшем может ещё более осложниться.

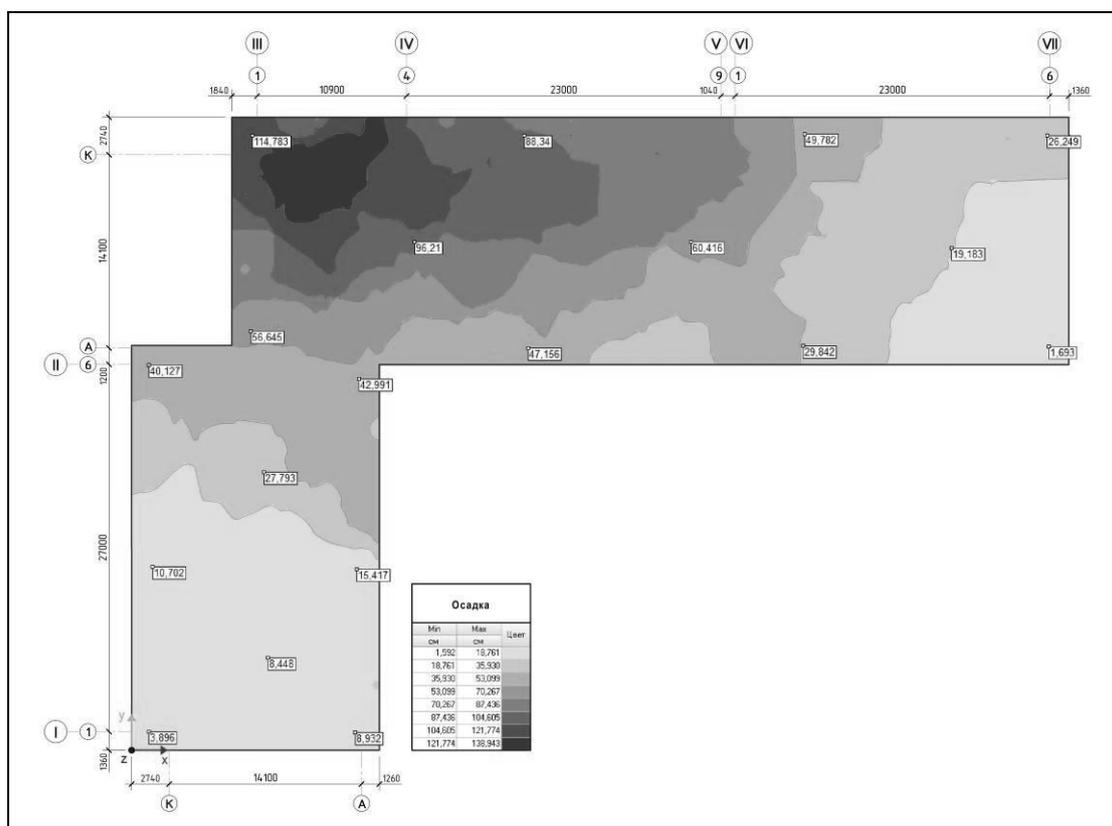


Рис. 5. Изополя вертикальных перемещений (осадки) фундаментной плиты при использовании расчётной модели грунтового основания в наибольшей степени соответствующей условиям работы грунтового основания, фундаментной плиты и опирающегося на неё здания

Разработанная конечно-элементная математическая модель совместной работы системы «грунтовое основание – фундаментная плита» позволила выполнить оконтуривание засыпанного отвержка Изоляторского оврага, выявить истинные причины развития неравномерных деформаций грунтового основания, развития деформаций жилого дома и разрушения его строительных конструкций, выполнить прогноз дальнейшего развития неравномерных осадок грунтового основания и опирающегося на него здания.

#### Литература

1. Григорьев, Ю. С. Деформации и разрушения строительных конструкций жилого дома, построенного на неоднородном насыпном основании в Нижнем Новгороде / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев, А. Ю. Гущина // IV Всероссийский фестиваль науки : сб. докл. / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2014. – С. 29-32.

УДК 72.01:159.9

А.Г. Филонов

### **О влиянии форм крыш на распределение сверхслабых электромагнитных полей в зданиях**

В настоящее время широко известно о том, что формы геометрических тел могут оказывать влияние на протекающие в них физические, химические и биологические процессы. Существуют различные гипотезы, объясняющие это явление. В одной из них предполагается, что так называемый «эффект формы» имеет волновую электромагнитную природу. Причиной возникновения формовых полей служит преобразованное и отраженное излучение внешних источников – техногенных и геокосмических.

Считается, что формовые эффекты в наибольшей степени проявляются в пирамидах. В гражданском строительстве широко применяются здания с пирамидальными крышами: шатровыми, вальмовыми, двускатными, в которых при определенных условиях могут проявляться формовые эффекты. Также эффект формы может проявляться и под крышами других очертаний.

Эффектам, наблюдаемым в пирамидах и исследованным биолокационным и другими опосредованными методами, посвящено много работ (Димде М., Ликенс Л.Д., Гольдфельд М., Ланда В.Е. и Глазкова Н.Н., Рысьев О.А., Холодных В.Ю. и др.). В отношении эниологических свойств крыш имеется небольшое количество исследований (Лимонад М.Ю., Цыганов А.И., Рысьев О.А., Холодных В.Ю.).

На настоящий момент актуально проведение экспериментальных исследований эффекта формы с помощью инструментальных средств измерения формовых полей, в том числе с помощью приборов по измерению сверхслабых электромагнитных полей.

Нами были проведены исследования некоторых форм крыш зданий инструментальным методом с помощью прибора ИГА-1, который представляет собой селективный приемник электромагнитных полей в диапазоне 5...10 кГц, с вычислением интеграла фазового сдвига на измеряемой частоте. Измерения сверхслабых электромагнитных полей проводились на реальных объектах и на моделях крыш зданий. Исследовались внутренние и внешние влияния крыш и макетов крыш зданий.

В отношении внешних влияний пирамидальных форм хорошо известны исследования немецкого египтолога М. Димде, которым впервые было выявлено, что при обходе вокруг пирамиды Хеопса негативное воздействие пирамиды на самочувствие большинства людей отмечалось тогда, когда они находились с восточной и южной стороны пирамиды, благоприятное - при нахождении с северной и западной стороны. При обходе вокруг пирамиды Микерина наблюдались, как правило, угнетение и утрата жизненной силы. При обходе пирамид на юге Дашура для большинства людей проявились с одной стороны – усталость, сонливость, боли в различных органах, с другой – гиперактивность, подъем сил. Данные воздействия пирамид на самочувствие человека могут быть объяснены совместным влиянием геоактивных зон в местах расположения пирамид и формовых излучений пирамид.

Исследователем Рысьевым О.А. методом биолокации получено, что неблагоприятные для человека зоны на ближней дистанции находятся у южной и западной граней пирамид, благоприятные – у северной и восточной. Это же относится и к другим геометрическим формам. На средней и дальней дистанции действие пирамиды у этих же граней становится положительным.

В ННГАСУ на кафедре архитектуры проводился психологический эксперимент по изучению внешних влияний пирамидальных конструкций на психофизиологическое состояние человека. Результаты опроса подтвердили данные, полученные другими учеными [1,2], о зависимости самочувствия человека от места нахождения в той или иной зоне возле пирамиды, о негативном влиянии на психофизиологическое состояние большинства людей южной стороны пирамиды и о благотворном влиянии северной стороны. В отношении западной и восточной стороны однозначных выводов было сделать нельзя.

В проведенных нами измерениях внешних полей различных архитектурных форм на макетах шатровых, двускатных крыш и цилиндрических оболочек фоновые значения напряженности сверхслабых ЭМП повышались в направлении ближе к южной стороне. Возможно, это

может являться одним из объяснений негативного воздействия на большинство людей южной стороны пирамиды и положительного воздействия северной стороны.

В отношении внутренних полей пирамиды исследованиями разных ученых установлено, что внутренняя область подразделяется по высоте на три равные зоны. На пересечении всех осей - биссекторных линий вершин (уровень около  $1/3$  высоты пирамиды от основания) находится так называемая «мертвая» точка максимальной концентрации энергии, непригодная для жизни микроорганизмов и живых тканей. В этой точке наблюдается увеличение кислотности водной среды, размещаемой в пирамиде (уменьшение показателя рН), в то время как на основании имеется противоположный эффект – усиление щелочных свойств воды (увеличение показателя рН). При этом величина наблюдаемого сдвига кислотно-основных характеристик водной системы возрастает с течением времени хранения образцов в соответствующих зонах пирамид [3]. Энергетически активной зоной является также внутреннее пространство, расположенное в верхней части у вершины пирамиды. Считается, что на высоте  $2/3$  от основания пирамиды находится «живая точка», способствующая развитию жизненных процессов. Экспериментально установлено также увеличение энергии на ребрах и особенно на вершине пирамиды [4].

Для оценки изменений сверхслабых электромагнитных полей объектов, побывавших внутри пирамидальных и других видов форм или в непосредственной близости от них, нами был проведен следующий эксперимент.

На разных уровнях внутри и снаружи исследуемых форм размещались образцы с водопроводной водой, налитые в небольшие емкости диаметром 3 см, высотой 5 см. Все макеты были выполнены из ватмана. Высота макета двускатной крыши – 15 см, круговой цилиндрической оболочки – 12 см; длина моделей – 30 см. Угол наклона грани двускатной модели – 45.6 градусов. Радиус направляющей оболочки – 12 см. Высота четырехгранных пирамид: с углом наклона граней 52 град. – 15 см, с углом наклона 62 град. – 19.5 см.

Через сутки измерялись поля образцов с водой по фоновым значениям в усл. ед. и по границам потоков в сантиметрах. Фоновые значения и границы полей от заряженных образцов сравнивались со значениями контрольного незаряженного образца с водой. Для большей наглядности эксперимента было использовано в качестве жидкой среды также молоко.

В результате проведенных исследований экспериментально зарегистрировано воздействие полей архитектурных форм на воду и молоко, которое привело к изменению фоновых значений и границ сверхслабых электромагнитных полей образцов с рассматриваемыми жидкими средами. Внутри всех форм в плоскости основания и по высоте

архитектурных форм электромагнитное поле формируется неоднородное. Зафиксированы краевые эффекты от углов как снаружи, так и внутри всех форм. Наблюдаются также изменения поля с течением времени.

Результаты измерений границ полей образцов с молоком, которые были размещены под макетами двускатной крыши, цилиндрической оболочки и пирамидой, на 4 день эксперимента при ориентации макетов форм длинной стороной в направлении С-Ю представлены в таблице.

Результаты измерений границ полей в сантиметрах

Наименование макета	С	СВ угол	В	ЮВ угол	Ю	ЮЗ угол	З	СЗ угол	в центре под макетом
Двускатная крыша	8.5	8.0	8.0	8.5	9.0	8.0	8.0	8.5	7.0
Цилиндрическая оболочка	8	8.0	8.5	9.5	9.0	9.0	8.5	8.5	8.5
Пирамида с углом накл. гр. 62 град.	7.5	8.0	8.5	9.0	8.5	8.5	8.5	8.0	8.0

В данном эксперименте через 4 дня молоко не скисло только в центре двускатной крыши. Для образца с молоком, который был расположен в этом месте, была зарегистрирована наименьшая величина границы поля по сравнению со значениями для всех других образцов, расположенных внутри и снаружи под макетами двускатной крыши, цилиндрической оболочки и пирамидой.

Результаты измерений на реальных объектах показали, что в скатных крышах зона, которая соответствует в пирамидальных формах «мертвой точке», вырождается в линейную зону на уровне 2/3 высоты от конька крыши. На уровнях, включающих эту зону, наблюдались максимальные фоновые значения напряженности полей. Высокие уровни фоновых значений зафиксированы также непосредственно под коньком крыши.

Средние коэффициенты изменения напряженности поля по уровням по отношению к уровню в основании крыши на объекте, представленном на рисунке, составили: 1.0-1.4-1.17-1.91-1.41. Изменение напряженности поля в мансардном помещении в пределах роста человека в некоторых зонах произошло более, чем в 1.5-2.0 раза, что неблагоприятно. В таких случаях требуется проведение анализа характеристик помещения с позиций экологической безопасности сверхслабых электромагнитных полей с выявлением зон, благоприятных и неблагоприятных для длительного нахождения людей.

В некоторых зданиях эффекта формы не обнаружено. Или он был совсем незначительный: изменение по высоте составляло не более 10 процентов. Это может быть объяснено влиянием естественных полей

участков строительства, нейтрализующих формовой эффект. На проявление формового эффекта оказывает также влияние много других факторов: конструктивное решение крыши, шаг и углы наклона стропильных конструкций, материалы, ориентация по сторонам света и некоторые другие (рис. 1).

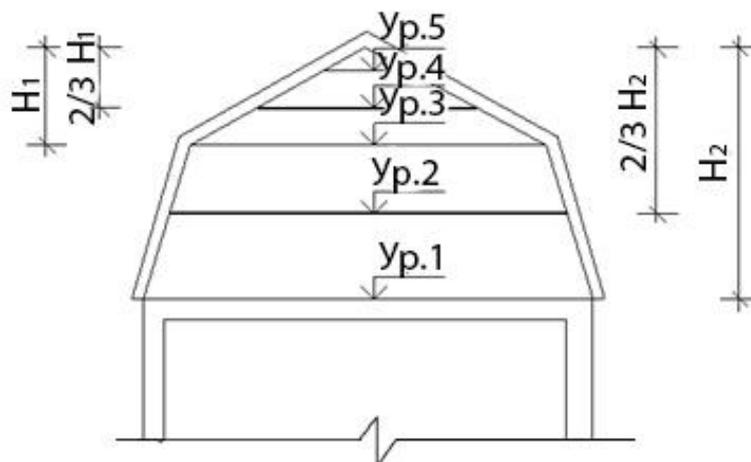


Рис. 1. Схема уровней измерения фоновых значений сверхслабых электромагнитных полей на объекте с мансардной крышей

Влияние ориентации по сторонам света. Имеются исследования по пирамидам, в которых утверждается, что для проявления эффекта формы пирамида должна устанавливаться по компасу стороной основания на север. При отклонении в 5 градусов пирамидальные эффекты ослабляются, при отклонении больше, чем в 7-8 градусов могут вообще не проявляться, при повороте на 45 градусов (ребром на север) пирамиду можно считать «выключенной». Имеются также другие исследования, которые показывают, что эффект формы проявляется при различной ориентации пирамиды по сторонам света, в том числе, и при установке ее ребром на север.

Для оценки влияния ориентации по сторонам света были произведены измерения сверхслабых электромагнитных полей на пирамидах и макетах двускатных крыш. Пирамиды ориентировали стороной основания или ребром на север, двускатные крыши - коньком в направлении С-Ю или З-В. Измерение сверхслабых полей под макетами форм показало, что эффект формы, понимаемый как изменение фоновых значений сверхслабых полей в пространстве внутри формы, а также изменение фоновых значений и границ потоков от объектов, размещаемых в этом пространстве, имеется во всех формах при различной их ориентации. Однако значения напряженности по фоновым значениям и границы потоков от размещаемых в них объектов в разных формах при различных ориентациях имеют разный характер распределения. По результатам проведенных испытаний с макетами крыш и по анализу данных измерений на реальных объектах был сделан вывод, что для

зданий ориентацию длинной стороной с коньком крыши в направлении север-юг можно считать более благоприятной, чем в направлении запад-восток.

В заключение можно отметить, что в современной архитектурно-строительной практике имеется тенденция к усложнению форм крыш. В сложных архитектурных формах возникает сложная структура полей, которую в случае возникновения такой необходимости можно проанализировать на макетах. Результаты анализа могут быть использованы для рекомендаций по объемно-планировочному решению зданий. После возведения здания желательно проводить измерения сверхслабых ЭМП для выявления интегральных эффектов, возникающих в результате взаимодействия естественных полей участков и полей архитектурных форм для решения вопросов расстановки мебели и бытовой техники.

#### Литература

1. Димде, М. Целительная сила пирамид: / М. Димде. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002. – 320 с.
2. Рысьев, О.А. Эффект формы пирамид: / О.А. Рысьев – СПб.: Питер: Диля, 2005. – 160 с.
3. Мякин, С.В. Исследование влияния формируемого пирамидой поля на материальные объекты / С. В. Мякин, И. В. Васильева, А. В. Руденко // Сознание и физическая реальность. – 2002. – № 2.
4. Лимонад, М.Ю. Живые поля архитектуры: учеб. пособие / М. Ю. Лимонад, А. И. Цыганов – Обнинск : Титул, 1997. – 206 с.

УДК 628.1 (470.341-25)

С.В. Фомин

### **Практика озонирования в обработке питьевых вод**

Впервые применять озон для улучшения органолептических характеристик питьевой воды стали в начале XX в., однако лишь последние 15-20 лет отмечены широким (уже на многих десятках объектов) практическим внедрением озонирования на различных стадиях обработки вод из поверхностных источников.

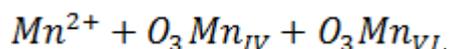
Озон оказывает двойное действие на присутствующие в воде загрязнения: прямое, достаточно селективное и быстрое окисление растворенным озоном; окисление радикалами, когда под воздействием озона вода разлагается на радикалы  $OH^{\circ}$ , которые могут непосредственно воздействовать на некоторые вещества  $S$  или, реагируя с некоторыми растворенными веществами  $M$ , вызывать образование других радикалов  $R^{\circ}$ , способствующих разложению растворенного озона (как и ионы  $OH$ ).

Поскольку озон признан сегодня самым мощным реагентом для окисления целого ряда загрязнений (особенно, специфических), применение его на той или иной стадии обработки питьевой воды требует четкого понимания характера действия  $O_3$  для того чтобы в каждом конкретном случае выбрать оптимальный вариант включения озонирования в технологическую линию с учетом поставленной задачи.

Применение озона при обработке питьевых вод имеет следующие преимущества:

- Улучшение органолептических характеристик воды:

Цветность. Озон разрушает двойные связи ответственных за естественную цветность гуминовых кислот с интенсивностью, зависящей от качества исходной воды. Малоцветная исходная вода легко обесцвечивается озонированием, но при этом должен отсутствовать марганец ( $< 0,03$  мг/л), поскольку в противном случае озонирование приведет к его окислению и, как следствие, к розовой окраске воды:



Озонирование высоко цветной воды не всегда позволяет полностью ее обесцветить, по крайней мере, при однократном введении  $O_3$ . Кроме того, озонирование может вызвать образование дополнительных осадков, в таком случае следует предусматривать последующее (после озонирования) фильтрование.

Вкус. Озонирование дозой 2 мг/л полностью снимает все привкусы, если после классической обработки воды (коагуляция – флокуляция – отстаивание – фильтрование через песок) в ней нет специфических органических соединений (например, альдегидов). В противном случае доза озона должна быть значительно повышена.

- Обеззараживающее действие озона.

Доза вводимого озона определяется фактором оптимизации в виде параметра  $CT$ , представляющего собой произведение концентрации озона, мг/л, на время контакта, мин. Его величина оказывается неодинаковой для различных окислителей и «объектов» воздействия. При обеззараживании питьевой воды величина  $CT$  обычно принимается равной 1.6 (например, поддержание концентрации  $O_3$  0,4 мг/л в течение 4 мин), хотя, как и для других окислителей, роль температуры воды оказывается весьма важной.

Обеззараживание озоном производится обычно в контактных башнях с двумя последовательными камерами, в первой из которых удовлетворяется химическая потребность в озоне в достижении остаточной концентрации 0,4 мг/л, во второй – эта концентрация поддерживается в течение требуемого времени. Компания «ДЕГРЕМОН» разработала и применяет специальный U-образный контактный реактор для обеззараживания озоном, через который обрабатываемая вода проходит полным потоком, что позволяет надежно контролировать время контакта и управлять им.

- Извлечение железа и марганца.

Единственными загрязнителями многих подземных вод являются железо и марганец. Обычно  $Fe^{2+}$  удается окислять аэрированием до нерастворимого  $Fe^{3+}$  с последующим его отделением на песчаном фильтре. Однако для окисления марганца кислорода воздуха недостаточно. Поэтому необходимо применять более мощный окислитель, например  $O_3$ , что обеспечивает окисление  $Mn^{2+}$  до нерастворимого и выделяемого затем на фильтре  $Mn$ . Избежать случайного прохождения через фильтр части марганца, окисленного до растворенного  $Mn$ , можно использованием в качестве загрузки ГАУ, на котором реализуется реакция  $2Mn_2O_7 + 3C - 4MnO_2 + 3CO_2$ , сформировавшийся при этом осадок также задерживается этой загрузкой. Кроме того, следует обращать внимание на содержание в воде растворенного органического углерода (РОУ), поскольку повышенная его концентрация в обрабатываемой воде может потребовать существенного увеличения доз вводимого  $O_3$ . Озон в процессе воздействия на некоторые стойкие к биоокислению растворенные органические вещества способен трансформировать их в биоокисляемые, хорошо извлекаемые затем из воды под действием микроорганизмов, развивающихся на фильтрующей загрузке (песок, вспененная глина, ГАУ), т. е. под действием  $O_3$  происходит трансформация стойкого РОУ в биоокисляемый углерод. Поэтому сочетание « $O_3 + ГАУ$ » широко используется компанией «ДЕГРЕМОН» с 70-х гг. и до настоящего времени остается эффективным и наиболее экономически обоснованным способом глубокой доочистки больших объемов питьевой воды от органических загрязнений. Сочетанием « $O_3 + ГАУ$ » удастся значительно продлить срок службы ГАУ до его регенерации.

- Извлечение специфических загрязнений.

Озон способен извлекать из воды и некоторые специфические загрязнения *frana*-детергентов, фенолов, цианидов. Извлечение фенолов в процессе озонирования, когда появляются продукты разложения фенолов, которые сами взаимодействуют с озоном, и лишь появление остаточной концентрации  $O_3$  свидетельствует о завершении окислительной обработки.

Некоторые вещества, будучи стойкими по отношению к озону, оказываются подверженными с различной степенью интенсивности воздействию так называемых «радикалов»  $OH^{\circ}$ , энергично формирующихся при одновременном введении  $H_2O_2$ . Такой процесс реализуется в способе *PEROZONE*®, используемом, прежде всего (например, на станции «Мон-Валерьен» в окрестности Парижа) для извлечения хлорорганических растворителей и (или) пестицидов.

Недостатком применения сочетания « $O_3 + H_2O_2$ » является полное отсутствие в воде остаточного озона, что ставит проблему обеспечения одновременного обеззараживания воды. Этот недостаток преодолевается компанией «ДЕГРЕМОН» в специально разработанном трехкамерном контактном реакторе озонирования, который последовательно

обеспечивает: полное удовлетворение немедленной химической потребности в озоне; полное обеззараживание по критерию *СТ*; окисление специфической органики радикалами  $OH^\circ$ , интенсивно образующимися благодаря введению в нее  $H_2O$  в количестве примерно  $0,4 \text{ з/з}$ . Улучшение процесса осветления. Давно известно благоприятное действие предварительного хлорирования исходной воды до ее подачи в технологическую линию водоподготовки, которое, однако, из-за неизбежного формирования галоформ сегодня все более часто заменяется на предварительное озонирование. Последнее не только способствует более эффективной последующей обработке воды (коагуляция – флокуляция – отстаивание), но одновременно полностью решает проблему галоформ и содействует прогрессивному снижению доз коагулянта. Обычно предварительное озонирование осуществляют при небольшом времени контакта (2-3 мин) с дозами  $O_3$ , составляющими примерно 10-40 % его дозы на стадии пост озонирования. Следует избегать наличия остаточного озона в воде, направляющейся на последующую обработку, поскольку речь еще не идет об обеззараживании воды. В таком случае необходимо избегать попадания солнечного света на отстойник для того, чтобы препятствовать развитию в нем водорослей в условиях отсутствия в воде окислителя.

- Проблема вторичных продуктов озонирования

В частности, можно рассмотреть броматы, которые формируются из бромидов в определенных условиях (*pH*, доза  $O_3$ , время контакта) и, согласно последним оценкам, являются более токсичными, чем исходные окисляющиеся озоном загрязнения. Эту проблему можно решить путем оптимизации (на основе соответствующих тестов и, возможно, испытаний) условий озонирования в процессе проектирования, пуска наладки и (или) эксплуатации сооружений. Адаптированные решения уже найдены и успешно применяются: жесткий контроль (управление) за величиной *pH* и дозированием  $O_3$ , введение в обрабатываемую воду ингибиторов формирования броматов, предварительное извлечение бромидов. Современная технология подготовки питьевой воды. Теоретически применение озона в обработке поверхностных вод возможно в нескольких точках технологической линии, однако приоритетными являются предварительное озонирование и сочетание « $O_3$  + ГАУ» на стадии доочистки, что сегодня уже стало признаком современной технологии подготовки питьевой воды. Только из богатой практики компании «ДЕГРЕМОН» можно упомянуть несколько десятков станций, применяющих озонирование питьевой воды:

Франция – Иври, Морсанг, Мон-Валерьен, Лувенсьенн и др.;

Великобритания – Графхам, Ханнингфельд и др.;

Германия – Лангенау, Сип-плингер Берг и др.;

США – Лос-Анджелес, Сан-Андреас, Мартл Бич и др.;

Швейцария – Лозанна, Лахен;

Испания – Барселона;  
Нидерланды – Дордрехт;  
Италия – Фирензе;  
Югославия – Белград;  
Южная Корея – Пуссан, Хуамьонг;  
Сингапур – Бедок;  
Сирия – Алеп;  
Индонезия – Джакарта.

Такой подход к озонированию нашел свое подтверждение и в специфических условиях Москворецкого источника природной воды в ходе успешных пилотных испытаний, проведенных совместно компанией «ДЕГРЕМОН» и МГП «Мосводоканал» в 1997-1998 гг. на Рублевской водопроводной станции. Промежуточное озонирование оказывается целесообразным лишь в особых случаях, озонирование воды перед резервуарами имеет негативные последствия в отношении исходной поверхностной воды, а в конце технологической линии оно разумно лишь для предварительно глубоко очищенной воды. Со всей очевидностью видны достоинства современной технологии с упомянутыми стадиями озонирования: за счет эффективного извлечения из воды растворенного биоокисляемого органического углерода удается резко снизить дозы хлора на стадии конечного обеззараживания, обеспечивая стабильность его остаточной концентрации в сети распределения, и одновременно надежно решить проблему образования токсичных хлорорганических соединений в питьевой воде в процессе ее транспортировки до потребителей.

УДК 628.2(470.341-25)

В.Е. Шацков

### **Применение геоинформационных систем для оптимизации действующих схем водоотведения**

Водоотведение является самым распространенным и значимым видом водопользования, а также неотъемлемой частью обеспечения жизненных условий населения городов и промышленных территорий. Одной из главных задач государственной водохозяйственной политики является достижение устойчивого и непрерывного водоотведения, которое должно обеспечиваться всегда и независимо от фактического выполнения заданных условий взаимодействия этих систем с водными объектами-водоприемниками.

Современные системы водоотведения – это совокупность санитарных мероприятий, а также сложный комплекс инженерных сооружений и устройств, включающий в себя сооружения по приему, транспортировке и очистке сточных вод. Однако, для большинства городов

и населенных мест физический износ всех систем водоотведения составляет уже порядка 90%, в результате чего в последнее время в России наблюдается стойкая тенденция к росту числа аварий в системах водоснабжения и водоотведения.

В связи с этим возникает задача оптимизации систем водоотведения. Однако, возможности финансирования оптимизации систем водоотведения, как правило, не позволяют достигать значений предельно допустимых сбросов загрязняющих веществ, это обязывает либо значительно увеличить финансирование природоохранных мероприятий в ущерб другим направлениям хозяйственной деятельности, либо снизить требования к качеству сточных вод, сбрасываемых в водные объекты. Системы водоотведения (СВО) являются одним из важнейших видов инженерного оборудования, обеспечивающих необходимые санитарно-гигиенические условия для жизни населения и безопасной работы промышленных предприятий. Современные СВО – это сложный комплекс инженерных сооружений и устройств, включающий внутридомовую систему канализации, дворовую канализацию, уличные коллекторы, насосные станции перекачки сточных вод и канализационные очистные сооружения. Для большинства городов и населенных мест физический износ перечисленных объектов близок к 80-100%. Вследствие подвижки грунтов или других внешних динамических и статических нагрузок большинство трубопроводов пришли в негодность и не имеют должной пропускной способности. Перегруженность СВО приводит к подтоплению городской территории. С другой стороны, по мере развития города и жилищного строительства, нагрузки на систему водоотведения существенно увеличились и, в большинстве случаев, не соответствуют проектным. В результате таких изменений одни коллекторы стали недогруженными, а другие перегруженными и даже работают в напорном режиме, что приводит к попаданию стоков в грунт и далее в водоемы. В связи с этим возникает задача интенсификации работы СВО, которая заключается в рациональном перераспределении потоков сточной жидкости с целью максимального использования пропускной способности всех сооружений и трубопроводов. В то же время, в связи с ростом нагрузок и появлением новых абонентов требуется строительство новых объектов СВО, реконструкция и развитие существующих. Очевидно, что эти задачи должны решаться комплексно.

В практике проектирования существующие подходы и методы не позволяют в полной мере решать перечисленные задачи, и поэтому предпочтение отдается новому строительству, что не всегда является экономически обоснованным.

В условиях острого дефицита бюджетных средств в связи с жесткой тарифной политикой государства в отношении предприятий коммунального сектора экономики водоканалы России вынуждены изыскивать пути финансирования работ по поддержанию сетей и

сооружений водоснабжения и водоотведения в исправном состоянии за счет различных способов повышения энергоэффективности производства, экономии человеческих и материальных ресурсов и других способов оптимизации производственных процессов.

Учитывая высокую долю расходов на электроэнергию и заработную плату персонала в общей себестоимости производства, в первых рядах объектов для оптимизации становятся канализационные насосные станции (КНС). Большинство КНС построены в годы социализма и спроектированы с огромным запасом производительности с обязательным использованием обслуживающего персонала в круглосуточном режиме. Выбирая из различных возможных способов оптимизации затрат на содержание КНС, таких как автоматизация с последующим сокращением персонала, замена насосного оборудования на более энергоэффективное и маломощное, с учетом фактического снижения производительности системы водоотведения в связи с уменьшением водопотребления, наиболее привлекательным приходится признать полный отказ от КНС с переводом конкретного бассейна водоотведения, замкнутого на оптимизируемую КНС, в самотечный режим за счет оптимизации сети канализационных коллекторов.

Оснащенность многих водоканалов современными программными продуктами, на основе которых созданы локальные геоинформационные системы, позволяет, используя самые передовые методы, подбирать объекты водоотведения, наиболее подходящие для разработки проектов по переводу сетей, оборудованных канализационными насосными станциями, в самотечный режим. ОАО «Нижегородский водоканал» уже прошло первый этап движения в указанном направлении, разработав проекты оптимизации сетей водоотведения для трех районных КНС города Нижнего Новгорода. Все три объекта включены в инвестиционную программу предприятия, которая будет финансироваться за счет инвестиций, привлекаемых в рамках концессионного соглашения между ОАО «Нижегородский водоканал» и администрацией города Нижнего Новгорода.

Рассмотрим на конкретных примерах возможные положительные результаты от оптимизации сетей водоотведения по сценарию отказа от использования канализационных насосных станций за счет перевода сетей в самотечный режим на основе существующей разницы в отметках ближайших магистральных канализационных коллекторов.

Пример №1. Модернизация системы водоотведения КНС№1 – ул. Коминтерна, 59. Предполагается переброска сточных вод от КНС в существующий коллектор с последующим демонтажем КНС.

По КНС №1 затраты на эксплуатацию:

1. Фонд оплаты труда обслуживающего и ремонтного персонала составляет 50 тыс. руб. в месяц.

2. Ремонтный фонд собственными силами и содержание объекта составило в 2013 году 60 тыс. руб., подрядным способом – 250 тыс. руб. в год.

3. Потребление электроэнергии составляет 35 000 квтч в месяц или 154 000 руб. в месяц.

Итого: 2 750 тыс. руб. в год.

Общая сметная стоимость строительства в переводе в цены 2013 года составляет 13 046 тыс. руб. Таким образом, срок окупаемости от внедрения проекта составляет ориентировочно 4,7 года.

Пример №2. Модернизация системы водоотведения КНС №13 – ул. Раевского в районе дома №3. Проектируемый самотечный коллектор собирает стоки, поступающие на КНС № 13, и отводит их в существующий самотечный коллектор  $D=1600$  мм по ул. Раевского.

По КНС №13 затраты на эксплуатацию:

1. Фонд оплаты труда обслуживающего персонала составляет 44732 руб. в месяц.

2. Ремонтный фонд собственными силами и содержание объекта составили в 2013 году 147 486,72 руб. в год.

3. Потребление электроэнергии составляет 8 610 квтч в мес. (по тарифу 3,86р.) = 33 234,6 руб. в месяц.

Итого: 1 083 085 руб. в год.

Общая сметная стоимость строительства в переводе в цены 2013 года составляет 13495 тыс. руб. Таким образом, срок окупаемости от внедрения проекта составляет ориентировочно 12,5 года.

Пример №3. Модернизация системы водоотведения КНС №9 Автозаводского района. Проектируемый самотечный коллектор собирает стоки, поступающие в КНС №9, и отводит их в существующий самотечный коллектор  $D=1400$  мм. В проекте предусмотрено переключение существующих уличных сетей  $D=150$  и  $D=200$  мм к проектируемому коллектору.

По КНС №9 затраты на эксплуатацию:

1. Фонд оплаты труда обслуживающего персонала составляет 44 732 руб. в месяц.

2. Ремонтный фонд собственными силами и содержание объекта составили в 2013 году 101 317,09 руб. в год.

3. Потребление электроэнергии составляет 10 002 квтч в месяц (по тарифу 3,86 руб.) = 38 607,72 руб. в месяц.

Итого: 1 101 385 руб. в год.

Общая сметная стоимость строительства в переводе в цены 2013 года составляет 14 699 тыс. руб. Таким образом, срок окупаемости от внедрения проекта составляет ориентировочно 13,3 года.

Следует отметить, что по КНС №13 и КНС №9 при таких сроках окупаемости обязательно бы вошла хотя бы одна процедура выполнения капитального ремонта здания КНС и оборудования, что значительно

увеличит средневзвешенную стоимость годового содержания станции и уменьшит срок окупаемости внедрения проекта.

Необходимо понимать, что выбор КНС, предлагаемых к исключению из технологического процесса, проводится в ручном режиме на основании многолетнего изучения уровней в близлежащих самотечных коллекторах, режима работы коллектора-приемника стоков, поиска и изучения исполнительных съемок сетей и так далее. В настоящее время в ОАО «Нижегородский водоканал» полностью принята в промышленную эксплуатацию геоинформационная система «Гидрограф», которая позволяет отыскать на программном уровне КНС, пригодные к вышеуказанным изменениям технологической схемы, путем моделирования различных схем водоотведения с использованием геодезической и технологической информации, внесенной в процессе наполнения программы путем проведения натурных съемок и замеров уровней стоков в самотечных коллекторах при различных режимах работы. При таком методе поиска решения скорость обработки информации увеличивается в сотни раз и дает возможность выбора самого оптимального варианта трассы из десятков возможных с учетом существующего рельефа местности и реальных отметок действующих сетей.

#### Выводы

1. Системы водоотведения в настоящее время являются объектами повышенного внимания из-за их неудовлетворительного технического состояния, значительной аварийности, отсутствия резерва по пропускной способности и большого процента износа. Перечисленные обстоятельства сдерживают жилищное строительство и приводят к его удорожанию. Поэтому, наряду с решением вопросов проектирования новых сетей, актуальной является и проблема интенсификации существующих СВО, направленная на улучшение эксплуатационных характеристик водоотводящих сетей, а также поиска и максимального использования резервов по пропускной способности сетей, повышения их надежности и режимной управляемости.

2. Одним из самых эффективных методов снижения себестоимости обслуживания сетей водоотведения является их оптимизация на основе перевода сетей в самотечный режим с использованием разницы в отметках существующих магистральных коллекторов с последующим демонтажем выводимых из эксплуатации канализационных насосных станций.

3. Применение для поиска возможных вариантов оптимизации и для расчетов самотечных сетей современных компьютерных методов на основе геоинформационных систем и других программных продуктов поможет достичь максимального эффекта от проводимых мероприятий.

### **Укрепление оползневых склонов с применением технологии струйной цементации грунтов**

Нижний Новгород находится в сложных инженерно-геологических условиях, которые обусловлены особенностями рельефа и геологическим строением. Нагорная часть опускается крутыми склонами высотой до 84 м к реке Оке и Волге. Прибрежно-склоновая территория отличается густой овражно-балочной сетью и представляет собой волнистую равнину с общим уклоном на юго-восток, развитую на лежащих красноцветных отложениях верхней перми, перекрытых толщей суглинков проблематичного генезиса, мощностью от 15 до 47 метров. В современных условиях оползневые процессы активизируются из-за изменений, под действием выветривания, свойств, слагающих склон пород, из-за падения прочностных характеристик грунтов при увлажнении, а также из-за увеличения техногенной нагрузки на естественные откосы и действие грунтовых и поверхностных вод. За последние годы на территории Нижнего Новгорода происходит активное развитие оползневых процессов и было зафиксировано несколько крупных оползней (на Зеленском съезде, на Кошелевском овраге и др.).

В настоящее время, в условиях плотной и интенсивно развивающейся городской территории Нижнего Новгорода, затрудняется применение традиционных решений по укреплению оползневых склонов. Возникает ряд проблем, связанных с выбором конструктивной схемы противооползневых сооружений. В связи с вышеперечисленными особенностями, актуально рассмотрение новых конструктивных решений по укреплению оползневых склонов, которые позволяли бы решать данные проблемы. Одним из таких решений является применение технологии струйной цементации грунтов.

Технология струйной цементации грунтов («jet grouting») – метод закрепления грунтов, основанный на одновременном разрушении и перемешивании грунта высоконапорной струей цементного раствора. В результате струйной цементации в грунте образуются грунтоцементные сваи диаметром 600-2000 мм [1].

Сущность технологии заключается в разрушении грунта струей жидкости. Струйную цементацию грунта выполняют в два этапа – в процессе прямого и обратного хода буровой колонны. Во время прямого хода производят бурение лидерной скважины до проектной отметки. В процессе обратного хода в буровую колонну под высоким давлением подают рабочую жидкость и начинают подъем колонны. Если во время подъема одновременно производить вращение, то в результате в грунтовом массиве формируются элементы в виде колонн. Если подъем производить без вращения, то элементы будут иметь вид тонких панелей.

Процесс создания буроинъекционной сваи включает в себя 3 основных этапа: бурение лидерной скважины, устройство грунтоцементной сваи, армирование грунтоцементной сваи [2].

Существует три основных разновидности технологии:

- Однокомпонентная технология (Jet1);
- Двухкомпонентная технология (Jet2);
- Трехкомпонентная технология (Jet3).

Данная технология широко применяется для:

- усиление (укрепление) всех типов фундаментов;
- противофильтрационные завесы и экраны;
- армирование грунтов;
- закрепление грунтов в основании проектируемых фундаментов с целью повышения прочностных и деформационных характеристик.

В настоящее время для закрепления оползневых склонов возможно применение следующих конструкций противооползневых сооружений, выполненных по технологии струйной цементации грунтов.

Возможной конструктивной схемой является создание свайного поля на оползневом склоне из грунтоцементных свай, свободно стоящих или объединенных между собой ростверком (рис. 1). Длина свай должна определяться из условия обеспечения устойчивости откоса. Применение данной конструктивной схемы по технологии струйной цементации грунтов наиболее актуальна в условиях плотной городской застройки, когда невозможно осуществить подрезку склона за счет стесненных условий или большой высоты склона. По сравнению с традиционным устройством свайного поля из буронабивных свай, данная конструкция не требует размещения тяжелой строительной техники на оползневом склоне, которая может повлиять на его устойчивость.

В данной схеме необходимо учитывать геологическое строение склона, так как при большой слоистости грунтов с различными характеристиками возможно изменение диаметра сваи по высоте, что оказывает влияние на несущую способность сваи за счет уменьшения или увеличения площади ее контакта с массивом грунта.

Другой возможной конструкцией укрепления оползневых склонов по технологии струйной цементации является нагнетание цементного раствора в поры грунта с целью повышения его физико-механических характеристик (рис. 2). При большой слоистости грунтов с чередующимися слоями прочных и слабых грунтов, возможно устройство цементации путем нагнетания цементного раствора только в слои грунта с низкими физико-механическими характеристиками, для увеличения его сдвиговых и деформативных характеристик. В случаях, когда необходимо достижение более высоких прочностей, используется повышенный расход цемента и струйная цементация выполняется до полного замещения грунта. Закрепление грунтов оползневого склона целесообразно производить с шагом по всей высоте склона.

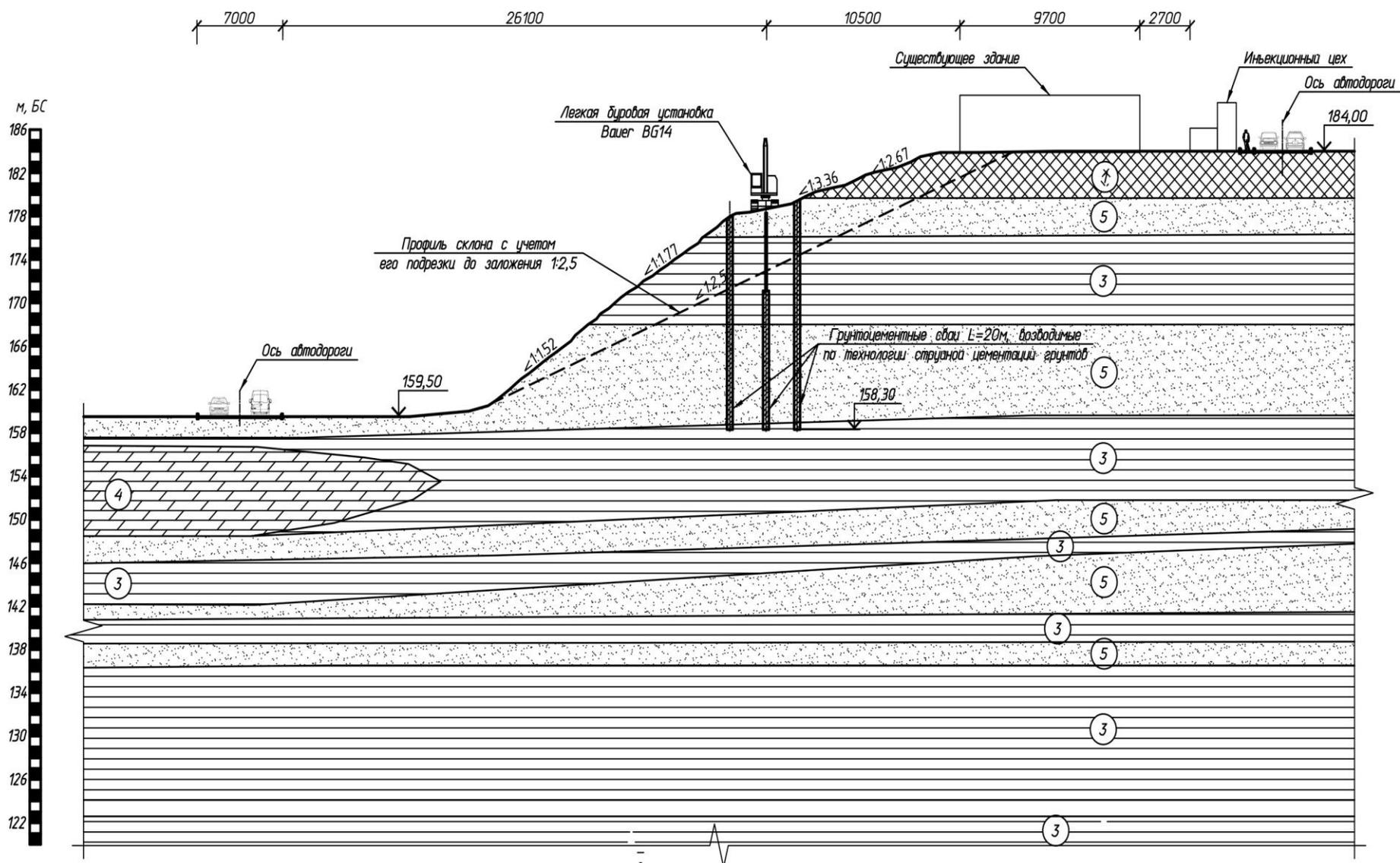


Рис. 1. Закрепление оползневого склона путем устройства свайного поля из грунтоцементных свай по технологии струйной цементации грунтов

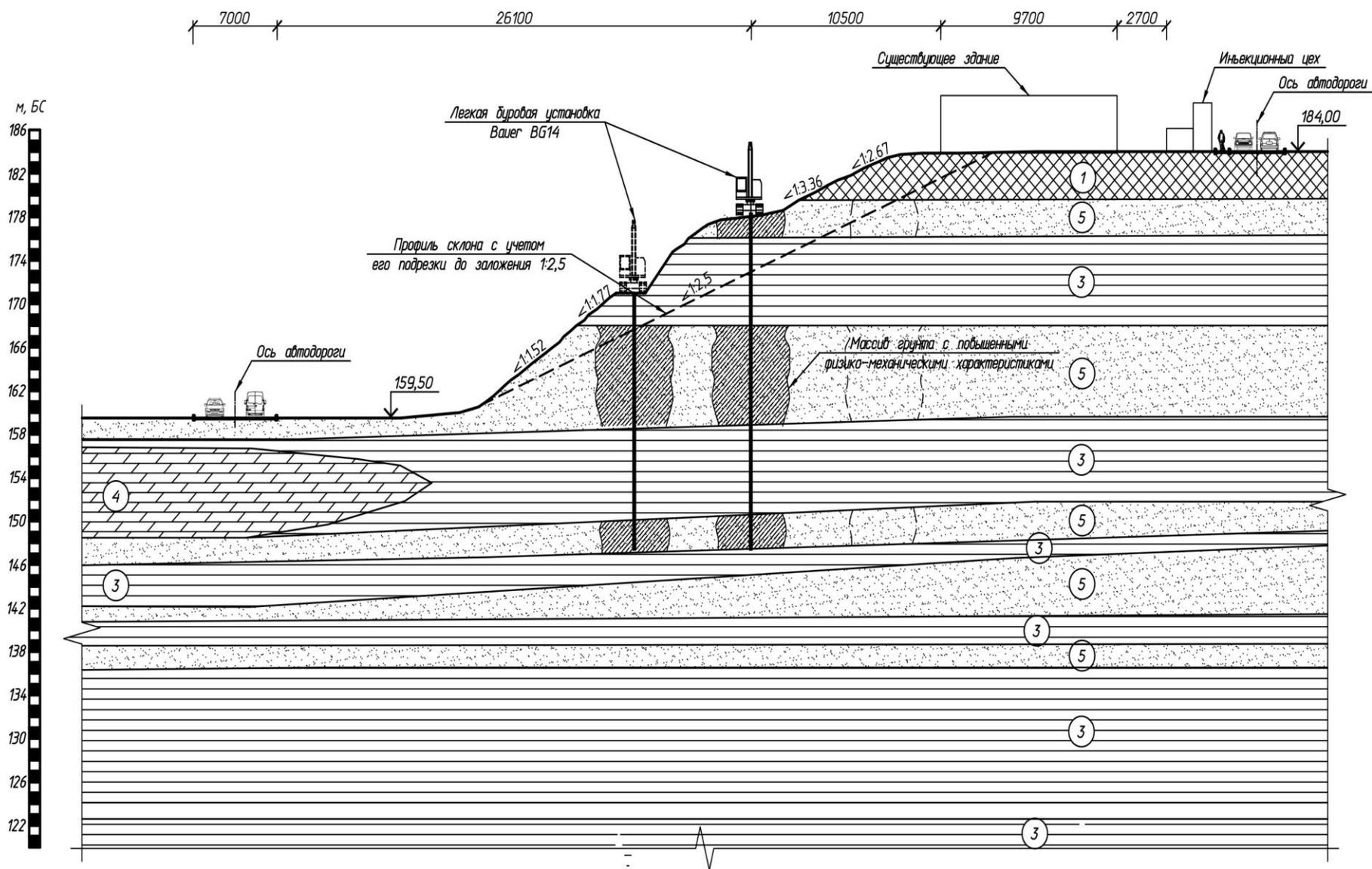


Рис. 2. Закрепление оползневого склона путем устройства цементации слоев грунта с низкими физико-механическими характеристиками

Основными преимуществами данных конструктивных схем выполненных по технологии струйной цементации грунтов по сравнению с традиционными являются:

- отсутствие динамических нагрузок на оползневой склон;
- отсутствие негативного влияния на фундаменты близко расположенных зданий, в отличие от забивания железобетонных свай;
- возможность работы в стесненных условиях – вблизи существующих зданий, на откосах и т.д. В этом случае на объекте устанавливается только малогабаритная буровая установка, а весь инъекционный комплекс располагается на более удобной удаленной площадке;
- высокая скорость сооружения грунтоцементных свай;
- возможность создавать сваи диаметром от 60 см до 200 см, используя малый диаметр бурения;
- второй вариант конструкции (цементация слоев грунта оползневого склона) не требует армирования, что упрощает производство работ.

В настоящее время отсутствуют регламентированные методики по расчету и проектированию конструкций для укрепления оползневых склонов, выполненных по технологии струйной цементации грунтов. Поэтому целесообразно исследование работы конструкции и отдельных ее элементов в оползневом склоне.

Необходимо изучить влияние на устойчивость оползневого склона при изменении сдвиговых и деформативных характеристик массива грунта при устройстве цементации влияние армирования грунтоцементных свай на общую устойчивость откоса.

В результате реализации комплекса исследований планируется разработать рекомендации по проектированию и выбору конструктивной схемы, выполненной по технологии струйной цементации грунтов, для укрепления оползневых склонов.

#### Литература

1. Малинин, А.Г. Струйная цементация грунтов: монография / А.Г. Малинин. – Пермь: Пресстайм, 2007. – 168с.
2. Хасин, М.Ф. Струйная технология укрепления грунтов / М.Ф. Хасин, Л.И. Малышев, И.И. Бройд // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1984. – №5.
3. Богов, С.Г. Исследование прочностных свойств грунтов, закрепленных цементными растворами по струйной технологии / С.Г. Богов // Геотехническое строительство. – 2001. – №5.

УДК 666.1. 002.68

А.В. Андрияшкин

**Экологические проблемы переработки и утилизации боя стеклотары**

В современное время вопрос о вторичном использовании материалов занимает ведущее место в экономике разных стран. Такая актуальность данного вопроса вызвана тем, что посредством переработки значительно снижаются затраты энергии, нагрузка на природные компоненты и производится более рациональное использование природных ресурсов. На сегодняшний день не последнюю роль в переработке твердых бытовых отходов играет переработка стеклобоя.

Стекло используется в огромном числе всевозможных предприятий и для изготовления большого количества материалов различного назначения. Немаловажную роль играет стекло в строительной и других сферах, поэтому переработка стеклобоя становится ведущей отраслью.

С экологической точки зрения стекло считается наиболее трудно утилизируемым отходом. Оно долго подвергается разрушению под воздействием воды, атмосферы и солнечной радиации. Кроме того, стекло представляет собой коррозионноустойчивый материал, который плохо разрушается под воздействием подавляющего количества сильных органических, минеральных и биокислот, солей, а также грибов и бактерий. Поэтому если органические отходы полностью разлагаются уже через 1-3 года, полимерные материалы – через 5-20 лет, то стекло, как и сталь, способно сохраняться без особых разрушений десятки и даже сотни лет.

Значительную часть от всего объема стеклобоя составляет бой стеклотары. Стеклотару с успехом применяют для фасовки, хранения, транспортировки жидких, пастообразных и твердых продуктов.

Рынок стеклянной тары в нашей стране рос на 10-15% в год вплоть до 2009 года, что было обеспечено активизацией спроса на стеклянную бутылку, которая позиционируется как престижная упаковка. Согласно официальной статистике, в 2008 году объем внутреннего производства стеклянной тары в РФ составил около 12 миллиардов штук. В 2009 году объем производства сократился на 20%, составив около 10 миллиардов штук, что связано с сокращением потребления дорогих продуктов питания в связи с кризисом.

Основными потребителями стеклянных бутылок являются производители пива, алкогольных и некоторых других напитков (вода, молочная продукция). Основная масса стеклянных бутылок производится емкостью от 0,05 л до 3,75 л. Самые востребованные бутылки – объемом 0,5 и 1,5 л. На бутылку объемом 0,5 л приходится 41% рынка алкогольных

напитков. Популярность пол-литровой бутылки обусловлена ее универсальностью. В такую емкость разливается практически весь ассортимент алкоголя и напитков. Почти половина производимой в России стеклянной бутылки – бесцветная. 33% выпуска приходится на коричневую бутылку и 15% – на зеленую. Небольшая доля – это эксклюзивная бутылка разных оттенков. Производство стеклянных банок растет не так быстро, как бутылок, но зато более стабильно – на 6-10% в год. Обусловлено это восстановлением консервной промышленности в России и рост спроса на отечественные продукты питания.

Одной из основных причин роста объемов отходов стекла является исключение значительной части стеклотары из повторного или многократного оборота. Огромная часть выпускаемой в настоящее время стеклотары не соответствует по ряду показателей уровню современных требований.

Утилизация стеклянной тары может производиться по трем направлениям: использование в качестве вторичного сырья при производстве стеклянной тары, использование в качестве одного из компонентов наполнителей в различных производствах, твердые бытовые отходы.

Основным направлением применения стеклобоя во всем мире является производство стеклянной тары, являющееся наиболее массовым производством с наименее жесткими требованиями к постоянному химическому составу стекломассы. Это позволяет использовать разный по цвету и составу стеклобой.

Не менее значимым направлением использования стеклобоя является производство пеноматериалов. Такие материалы могут применяться для изоляции стен, перекрытий, кровли, при изготовлении сэндвич-панелей, для утепления трубопроводов, тепловых и холодильных агрегатов, а также использоваться как легкий заполнитель бетона. При утилизации стеклобоя предпочтение отдается технологиям переработки, которые не оказывают вредного воздействия на окружающую среду и не требуют больших затрат энергии. Поэтому широкое распространение получили такие методы, как использование новейших перерабатывающих систем с циркуляционным движением теплоносителя, расплавление и фильтрация стекла по современной «газовой» технологии. Полученная после соответствующей переработки стекломасса может использоваться для изготовления различных строительных материалов, конструкций и изделий: стеклоблоков, стеклопакетов, обычного оконного стекла, изоляционных материалов и других видов продукции.

Переработка стеклобоя подразумевает его сортировку по цвету, извлечение всех механических примесей и мусора, мытье и дробление. На данном этапе возникают основные проблемы переработки: выпуск различных ненормированных форм стеклоизделий; неразвитая схема сбора и транспортировки стеклоотходов; загрязненность.

Следует отметить, что в твердых бытовых отходах на долю стеклобоя приходится около 15% от общей массы. Если учесть, что в отличие от других компонентов твердых бытовых отходов стекло трудно окислить или разложить, то следует признать, что количество стекла накопленного и продолжающего поступать в окружающую среду сопоставимо с природными геологическими ресурсами, используемыми человечеством.

Материалы на основе стеклобоя не уступают, а в ряде случаев и превосходят по технологическим и функциональным свойствам аналогичные традиционные материалы, а рентабельность производства данных материалов довольно высока. Проблема в организации сети производств по производству материалов на основе стеклобоя заключается в том, что для этого необходимы **существенные капиталовложения** в специализированное оборудование. Кроме того, имеются **проблемы с сырьем**, его сбором и реализацией из-за недостатка предприятий, занимающихся таким видом деятельности, даже несмотря на большие запасы и низкую стоимость стеклобоя. Выходом в сложившейся ситуации **может стать поддержка государства** – организация экофондов для инвестирования подобных проектов и снижение налогов для предприятий, внедряющих новые технологии по переработке стеклоотходов.

Сокращение объемов образования отходов стеклянных бутылок является довольно эффективным инструментом регулирования массы накопившихся стеклоотходов. Для этого целесообразны следующие мероприятия: производить выпуск стеклотары, соответствующей, в том числе по форме, требованиям национальных ГОСТов; произвести отказ от выпуска стеклотары с отформованными фирменными знаками и надписями; законодательно обязать заказчика обеспечить ввоз импортной продукции только в стеклотаре, соответствующей требованиям национальных ГОСТов; повсеместно организовывать сбор стандартной стеклотары через сеть пунктов приема. Решение проблем с переработкой и утилизацией стеклянных изделий позволит значительно снизить объемы как уже имеющихся отходов, так и потенциально возможных.

#### Литература

1 Сметанин, В.И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления [Текст] : учеб. пособие для вузов / В.И. Сметанин – М.: Колос, 2000. – 232 с.

2 Пальгунов, П.П. Утилизация промышленных отходов [Текст] : учеб. пособие для вузов / П.П. Пальгунов, М.В. Сумароков М.В. – М., 1990. – 310 с.

3 Лотош, В.Е. Переработка отходов природопользования [Текст] : учеб. пособие для вузов / В.Е. Лотош. – Екатеринбург, 2007. – 503 с.

4 Козубская, Т.Г. Использование техногенных отходов в производстве строительных материалов [Текст]: научный обзор / Т.Г. Козубская. – Строительные материалы, 2002. – 10 с.

### Термодинамическое обоснование потенциала влажности при расчёте интенсивности влагообмена в биологически активных системах

Конечные цели расчета влагообмена в биологически активных системах (хранения сочного растительного сырья и сушка травы) принципиально разные. В первом случае необходима максимальная сохранность влаги в сырье; во втором – создание условий для интенсификации процессов влагоотдачи.

Применение психрометрической теории влагообмена, согласно которой вся явная теплота, подводимая к продукту, расходуется на испарение влаги:

$$W = Q / r, \quad (1)$$

где  $r = 2500 - 2,29t$ , не раскрывает особенности динамики влагообмена в биологически активных системах.

Количественное обоснование потерь влаги в слое продукции в неизотермических условиях подчиняется обобщенной зависимости [1]:

$$W = Q / \varepsilon_t, \quad (2)$$

где  $Q$  – суммарные явные внешние и биологические теплопритоки вентиляционного воздуха;  $\varepsilon_t$  – тепловлажностная характеристика процесса изменения состояния воздуха в насыпи сочного растительного сырья (на  $I-d$  – диаграмме влажного воздуха):

$$\varepsilon_t = 6385 - 147 t \text{ при } 0^\circ\text{C} \leq t \leq 15^\circ\text{C}, \quad (3)$$

$$\varepsilon_t = 6385 - 1,21 t^2 - 335 t \text{ при } -25^\circ\text{C} \leq t \leq 0^\circ\text{C}, \quad (4)$$

где  $t$  – средняя температура охлаждающего воздуха.

Однако ни она, ни её записи в виде

$$W = Q / \varepsilon_t = B(1 - \varphi_p) = \text{const} \quad (5)$$

не позволяют выявить движущую силу (разность потенциалов) влагопереноса в неизотермических условиях. Разность относительных влажностей воздуха в этих условиях не является движущей силой переноса и не имеет самостоятельного влияния потери влаги продукцией [2].

Современные разработки вопроса в определении потенциалов переноса влаги показывают, что обобщающей движущей силой взаимосвязанного тепломассообмена в нестационарных условиях является разность полных термодинамических потенциалов фаз  $\Delta\theta$  [1, 2, 3]. В пределах температур охлаждения и хранения растительного сырья определение значения потенциала влажности воздуха аппроксимируется зависимостью типа [4]:

$$\theta = a + bt + c\varphi + du + eq_L, \quad (6)$$

где  $a, b, c, d, e$  – коэффициенты.

Пренебрегая лучистым теплообменом ( $q_l = 0$ ) и влиянием подвижности воздуха на влагообмен ( $u$ ), разность потенциалов влажности поверхности продукции и влажного воздуха равна:

$$\Delta\theta_k = b(t_{\text{пов}} - t_{\text{в}}) + c(\varphi_{\text{пов}} - \varphi_{\text{в}}) \quad (7)$$

Зависимость (7) характерна для корректирующего слоя насыпи, в котором охлаждающий воздух одновременно увлажняется (от начальной относительной влажности  $\varphi_{\text{во}}$  до  $\varphi_{\text{в}} = \varphi_{\text{р}}$  в основном слое насыпи) и нагревается (охлаждается), соответственно, от  $t_{\text{во}}$  до  $t_{\text{в}} \approx t_{\text{пов}}$ . Значение разности потенциалов влажности в корректирующем слое является функцией двух величин:  $\Delta t$  и  $\Delta\varphi$ .

При хранении сочного растительного сырья на его поверхности отсутствует углубление зоны испарения, относительная влажность воздуха у поверхности  $\varphi_{\text{пов}} \approx 100\%$  (упругость водяного пара соответствует насыщающей при температуре продукта). Саморегулируемость и постоянство по высоте основного слоя насыпи значений  $\varphi_{\text{в}} \approx \varphi_{\text{р}}$  экспериментально доказана многими исследованиями [1, 5]. Наличие и равенство разностей локальных значений ( $\varphi_{\text{пов}} - \varphi_{\text{в}}$ ) по всей высоте основного слоя насыпи в направлении движения охлаждающего воздуха является доминирующим фактором при определении величины разности потенциалов влажности  $\Delta\theta_k$ .

Экспериментально разность температур поверхности сырья и воздуха ( $t_{\text{пов}} - t_{\text{в}}$ ) не фиксируется, так как составляет не более  $0,05 \dots 0,10$  °С. Однако именно наличие локальных разностей температур между поверхностью биологически активной продукции и воздухом по высоте слоя, вызванных явными тепловыделениями сырья, не позволяет воздуху в насыпи достичь полного насыщения, влагообмен продолжается даже при  $\varphi_{\text{в}} = 100\%$ .

Практическое равенство локальных значений температур компонентов сред ( $t_{\text{пов}} \approx t_{\text{в}}$ ) и наличие постоянных разностей относительных влажностей воздуха у поверхности продукции и вне её ( $\Delta\varphi_{\text{пов-в}} = \varphi_{\text{пов}} - \varphi_{\text{в}} (\varphi_{\text{р}}) = \text{const}$ ) в основном слое сочного растительного сырья позволяет при расчёте и анализе процессов переноса влаги между поверхностью хранящегося сырья и влажным воздухом характеризовать их интенсивность только одной величиной:

$$\Delta\theta_k = c (\varphi_{\text{пов}} - \varphi_{\text{в}}). \quad (8)$$

Таким образом, в основном слое сочного растительного сырья движущая сила влагообмена выражается через разность относительных влажностей воздуха у поверхности продукции и в насыпи. Экспериментальные исследования естественной убыли в основных слоях насыпи показали, что в направлении движения воздуха локальные усушки остаются практически постоянными.

Потенциал влажности воздуха (наружного  $\theta_n$  и внутреннего  $\theta_b$ ) определяется при различных температурах по зависимостям[4]:

$$\theta = -3,81 + 0,195t + 0,164\varphi - 0,0027q_p - 0,035v \quad t \leq -20 \text{ }^\circ\text{C}; \quad (9)$$

$$\theta = 6,027 + 0,227t + 0,046\varphi - 0,00143q_p - 0,0483v \quad -20 \leq t \leq -10 \text{ }^\circ\text{C}; \quad (10)$$

$$\theta = 2,86 + 0,219t + 0,0965\varphi - 0,00349q_p - 0,0081v \quad -10 \leq t \leq 0 \text{ }^\circ\text{C}; \quad (11)$$

$$\theta = -4,01 + 0,448t + 0,169\varphi - 0,00468q_p - 0,0165v \quad 0 \leq t \leq 10 \text{ }^\circ\text{C}; \quad (12)$$

$$\theta = -13,6 + 1,22t + 0,204\varphi - 0,0026q_p - 0,022v \quad 10 \leq t \leq 20 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (13)$$

где  $q_p$  – интенсивность солнечной радиации; в (9)...(13) размерность  $q_p$  ккал/(м<sup>2</sup>ч);  $v$  – подвижность воздуха, м/с.

Интенсивность потока влаги между продукцией и воздухом определяется разностью потенциалов влажности элементов системы:

$$j_\theta = \alpha_\theta (\theta_{\text{пов}} - \theta_b) = \alpha_\theta \Delta\theta_k. \quad (14)$$

Преобразуем (14) для условий теплообмена в основном слое насыпи биологически активной продукции ( $\Delta\varphi_{\text{пов-в}} = \varphi_{\text{пов}} - \varphi_b$  ( $\varphi_p$ ) = const, однонаправленность тепловых и важность их потоков от продукции к воздуху). Коэффициент влагообмена представим в виде  $\alpha_\theta = b_1 \alpha_{tv}$  ( $b_1 = \text{const}$  – коэффициент пропорциональности; коэффициент теплообмена  $\alpha_{tv}$  включает в себя как перенос явной, так и скрытой теплоты). Приняв линейные изменения относительной влажности воздуха от изменения температуры в диапазоне  $t_g = -1...5 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $\varphi_b \geq 90 \%$  (погрешность до 3 %), проведём замену значения  $\Delta\varphi_{\text{пов-в}}$  в формуле (8) на  $\Delta t_{\text{пов-в}}$ . Установившаяся конечная разность температур  $\Delta t_{\text{пов-в}} = t_k(x, \infty) - t_b(x, \infty)$  продукции и воздуха в основном слое хранящейся продукции постоянна [11]:

$$\Delta t_{\text{пов-в}} = q_v / \alpha_{tv} \approx 0,05 \text{ }^\circ\text{C} = \text{const}, \quad (15)$$

После замены имеем:

$$\Delta\theta_k = c(\varphi_{\text{пов}} - \varphi_b) \approx b_2(t_{\text{пов}} - t_b) = b_2 q_v / \alpha_{tv}, \quad (16)$$

где  $b_2 = \text{const}$  – коэффициент пропорциональности.

В результате подстановки значений  $\alpha_\theta$  и  $\Delta\theta_k$  в (16) получим:

$$j_\theta = \alpha_\theta \Delta\theta_k = b_1 \alpha_{tv} b_2 q_v / \alpha_{tv} = b_3 q_v, \quad (17)$$

где  $b_3 = b_1 b_2$  – коэффициент пропорциональности.

Зависимость (17) показывает, что потери влаги в основном слое насыпи пропорциональны интенсивности удельных биологических тепловыделений. Она подтверждает физическую достоверность зависимости (2), полученной при более общем подходе к нахождению потенциалов тепло- и массопереноса.

Приравнявая значение потоков влаги по (14) и (2) получим:

$$\alpha_\theta \Delta\theta_k = q_v / \varepsilon_t, \quad (18)$$

Показанная выше постоянство величин  $q_v/\varepsilon_t$  и дельта  $\Delta\theta_k$  по высоте основного слоя насыпей влечёт за собой постоянство коэффициента влагообмена  $\alpha_0$  при стационарном режиме охлаждения продукции.

#### Литература

1. Бодров, В.И. Хранение картофеля и овощей: Инженерные методы создания и поддержания технологического микроклимата / В.И. Бодров. – Горький: Волго – Вятское книжное издательство, 1985. – 220 с.
2. Богословский, В.Н. Тепловой режим зданий / В.Н. Богословский. – Москва: Стройиздат, 1979. – 248 с.
3. Богословский, В.Н. К определению потенциала влажности наружного климата / В.Н. Богословский, Б.В. Абрамов // Сборник трудов МИСИ. – 1980. – Выпуск 176. – С. 33 – 41.
4. Богословский, В.Н. Расчет тепловлагообмена между воздухом и жидкостью с позиции теории потенциала влажности / В. Н. Богословский, А.Н. Гвоздиков // Вентиляция и кондиционирование воздуха промышленных и сельскохозяйственных зданий. – 1986. – №18. – С. 25-37.
5. Жадан, В.З. Влагообмен в плодоовощехранилищах / В.З. Жадан – Москва: Агропромиздат, 1985. – 197 с.

УДК 621.039.7

О.А. Горячева

#### **Захоронение радиоактивных отходов в геологические формации, эффективность метода**

В современном мире остро встал вопрос ресурсного обеспечения населения. Одна из ведущих ролей в данном вопросе отводится сфере энергосбережения. На данном этапе развития общества наиболее экономически эффективным источником альтернативной энергии, являются АЭС. АЭС – это реальный источник энергии, решающий проблему истощения органического топлива и обеспечивающий снижение экологической нагрузки на окружающую среду. Но стоит учитывать, что атомная энергетика – это тоже отрасль, как и большинство других, которая активно эксплуатируется и имеет отходы. Радиоактивные отходы могут быть как жидкими, так и твердыми, требующими правильной утилизации.

К твёрдым радиоактивным отходам относятся фильтры различных видов (аэрозольные), приспособления с наведённой радиоактивностью, детали демонтированных частей оборудования и т.д. Жидкими радиоактивными отходами АЭС являются все образования, которые сопровождаются при выработке электроэнергии (теплоноситель первого контура, воды бассейнов перегрузки, воды баков аварийного запаса борной кислоты). Учитывая, что изначально теплоноситель – это жидкость, то она

присутствует повсеместно, а именно в системах охлаждения, и равным образом при выполнении радиационной защиты (уборка помещений, мытье душевых, стирка одежды, трапные воды и т.д.). При большом количестве загрязнителей радиоактивного и нерадиоактивного характера в жидких радиоактивных отходах, обезвредить их совершенно невозможно. После всех стадий переработки, которые проходят жидкие радиоактивные отходы, образуется два продукта. Это очищенный продукт, используемый повторно в производстве атомной энергетики и радиоактивный концентрат, хранящийся в ёмкостях узла хранения [1].

Надежная изоляция радиоактивных отходов, методы и средства ее осуществления – одна из проблем защиты биосферы от вредного воздействия нуклидов [2]. Наиболее надежным и экономически выгодным способом изоляции радиоактивных отходов от окружающей среды является их захоронение в глубоко залегающие геологические формации. Одним из ведущих вопросов дальнейшей эксплуатации таких хранилищ является повышение технического уровня обеспечения безопасности, действующих установок, и обоснованности долговременных прогнозов состояния захороненных отходов, а также миграции их компонентов [3]. Захоронение радиоактивных отходов в геологические формации, соответствующие необходимым требованиям, может обеспечить радиационную безопасность и исключить проникновение вредных веществ в среду обитания человека [2].

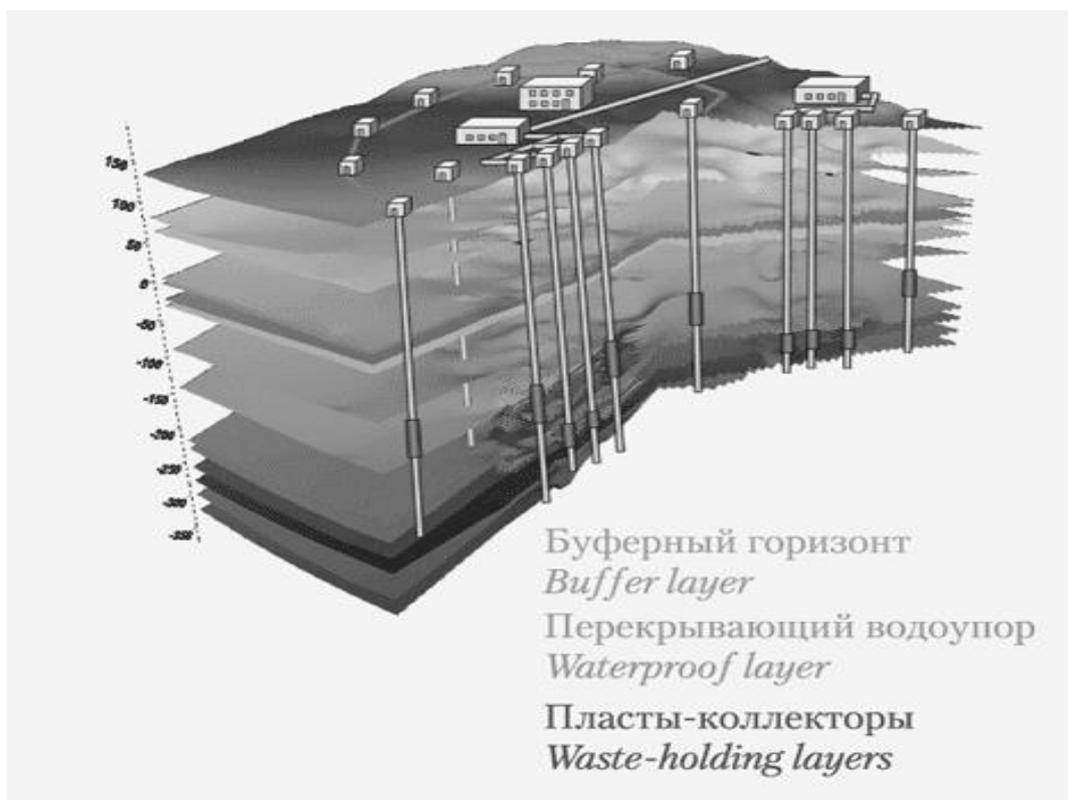


Рис. 1. Принципиальная схема глубокого хранилища ЖРО [3]

При таком способе захоронения отработанных тепловых высокоактивных сборок (ОТВС) распад отходов происходит на достаточно большой глубине, из чего следует, что время миграции радионуклидов в биосферу становится настолько долгим, что достигается либо полный распад нуклидов, либо достаточное по кратности разбавление отходов, а значит, исключается нанесение какого-либо ущерба безопасности для человека и окружающей среды. Для выбора места сооружения подземного могильника следует методично оценить приемлемость геологической формации на региональном уровне в целом и конкретно на данном участке. Условиями пригодности района для сооружения могильника считаются:

- принадлежность его к крупным горным образованиям материковой части земной коры;
- низкая сейсмическая активность (не выше 5 баллов по 12-балльной шкале);
- наличие соответствующей геологической формации достаточной мощности и распространения.

Для захоронения отвержденных и твердых радиоактивных отходов приемлемыми формациями являются каменная соль, некоторые типы скальных пород и глины [2].

Выбирая территорию, для бурения глубоких скважин, необходимо оценивать их геологическую стабильность и исключить из рассмотрения участки, ослабленные тектоническими зонами.

Таблица 1

Усредненные характеристики разных зон захоронения

Характеристики	Зона до 1500 м	Зона 1500 – 4500 м
Удельная шероховатость трещин, м	20 – 50	5 – 12
Мощность минерального выполнения трещин, см/м	1,2 – 2,0	1,3 – 3,0
Жильное выполнение присутствует в % длины трещин, %	60 – 80	30 – 90
Минерализация воды, г/л	0,05 – 0,5	До 150
Водопроницаемость пород, м <sup>2</sup> /сут	0,2 – 6	-
Коэффициент фильтрации, м/сут	1,0 – 0,001	$3 \cdot 10^{-4} - 6 \cdot 10^{-5}$
Геотермальный градиент увеличения на 100 м глубины	До 1 °С/100	1,2 – 2,0 °С/100
Общая пористость, %	0,75 – 0,99	1,20 – 1,27

При проектировании глубоких хранилищ жидких радиоактивных отходов (ЖРО) и обосновании продления проектных сроков эксплуатации хранилищ в 2000-2003 годах в прогнозных расчетах миграции компонентов РАО в геологической среде не учитывалась существенная сорбционная задержка нуклидов породами. В результате этого получали завышенные площади контуров распространения радиоизотопов и «запас надежности» прогнозов. Однако, даже такие пессимистические прогнозы определяют время гарантированной изоляции РАО как около 1000 лет и

свидетельствуют о невозможности загрязнения действующих водозаборов хозяйственно-питьевых вод за счет эксплуатации полигонов. Вместе с тем, при обосновании захоронения технологических отходов учтена концентрация радионуклидов в породах в результате различных процессов, что необходимо для определения температуры разогрева пласта и получения исходных данных для оценки ядерной безопасности [3].

Одним из примеров захоронения РАО в геологические формации может служить скважина-могильник глубокого заложения, как результат анализа конструкции, предложенной в проекте, в составе программы Шведского управления по ядерному топливу и отходам [4].

Основные принципы, положенные в основу проекта, следующие:

- эксплуатационный диаметр скважины определяется габаритами контейнеров с отходами;
- интервал размещения отходов (рабочая зона 1,5-4 км);
- состав герметизирующего комплекса - инертные смеси на основе бентонита в рабочей зоне и в большей части зоны герметизации (суммарный интервал - 500-4000 м), асфальт в интервале 250 - 500 м и бетоны в интервале 0-250 м.

Конструктивное исполнение скважины может быть двух типов: с открытым (необсаженным) и обсаженным стволом в зоне размещения контейнеров с отходами. При хранении отходов ядерного топлива и отверженных высокоактивных РАО в глубоких скважинах, возможно их воздействие на вмещающий горный массив. Кратко рассмотрим два основных фактора: тепловое воздействие и ядерную безопасность. Основным критерием оценок безопасности теплового воздействия является ограничение увеличения температуры до предельно допустимых величин, превышение которых может привести к исчерпанию прочности пород. Нагрев массива пород вокруг могильника скважинного типа обуславливает увеличение температуры окружающих горных пород на длительное время, что, в свою очередь, ионизирует напряженное состояние в массиве. Наибольшее разогревание отходов наблюдается через 5 - 7 лет. Максимальный прогрев массива пород происходит в течение 40 лет. В зависимости от количества размещаемых отходов, т.е. диаметра канистры, превышение температуры на стенках достигает 26 - 500 °С.

Радиация оказывает отрицательное воздействие на окружающую породу в непосредственной близости от канистры высокоактивных отходов и поэтому не может существенным образом повлиять на изолирующие свойства массива. Радиация влияет на геохимические реакции при образовании новых радиоактивных минералов, способных стать дополнительным барьером на пути радионуклидов. В результате температурных изменений вокруг могильника РАО в кристаллической породе может иметь место движение воды в естественных и техногенных трещинах. Выполненный в «ВНИИПромтехнологии» анализ эффектов показывает на наличие зоны равновесия термодинамических сил в районе

могильника, в которую должен произойти отток влаги от пристеночной области, образуя внутреннюю сухую зону и пояс влажности, отодвигающийся от стенок могильника в массив с повышением температуры. Геосфера с достаточной сорбционной способностью может обеспечить изоляцию отходов от биосферы, увеличив время переноса до очень больших периодов. Во избежание контакта отработанной тепловыделяющей сборкой (ОТВС) с подземными водами предусматриваются защитные барьеры: искусственные – матрица ТВЭЛа, оболочка из циркониевого сплава, сборка (стальной цилиндр), свинцовая заливка в сборке, контейнер, изолирующие материалы вокруг контейнера, обсадная труба и бентонитовая глина; естественные – монолит кристаллического массива. Как показывают оценки, распространение радионуклидов в геосфере при самых неблагоприятных условиях может составить 400-500 м от оси скважины-могильника за 10 тысяч лет, что необходимо учитывать при выборе блока и расстояния до геологических нарушений и разломов, имеющих связь с биосферой.

В результате контрольных наблюдений за захоронением ЖРО, по данным международных исследовательских проектов, отходы локализованы в пластах-коллекторах в пределах границ горных отводов. В краевых зонах контуров отходов обнаруживаются химические компоненты и тритий, могут находиться радионуклиды в формах, не задерживаемых породами. Горизонты водоупоров эффективно предотвращают распространение отходов к поверхности земли.

Захороненные РАО, находящиеся в пластах-коллекторах на глубине нескольких сот метров, надежно защищены от внешних угроз, в том числе от террористических действий. В период захоронения трубопроводы передачи РАО в хранилища и к нагнетательным скважинам, а также сами скважины располагаются на охраняемой территории в пределах санитарно-защитных зон предприятий. После вывода из эксплуатации и закрытия хранилища скважины и трубопроводы ликвидируются и демонтируются, отходы находятся ниже кровли пласта-коллектора и практически недоступны без применения специальных средств для проведения горных работ.

Таким образом, проведя исследование по литературным источникам, можно сказать, что при захоронении ЖРО в глубокие горизонты, в соответствии с требованиями закона РФ «О безопасности», действительно возможно обеспечить защищенность жизненно важных интересов личности, общества и государства от потенциальных угроз, которые могут нести радиоактивные отходы. Это дает возможность решить вопрос о надежной изоляции радиоактивных отходов. А также данные методы и наработки являются хорошей теоретической и практической базой для разработок и применения новых технологий, как европейских стандартов, так и усовершенствование прототипных моделей, которые уже существуют на сегодняшний момент в России.

## Литература

1. Открытое акционерное общество Нижегородская инжиниринговая компания «Атомэнергопроект» (ОАО «НИАЭП») [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://old.niaep.ru>.
2. Ключников, А.А. Радиоактивные отходы АЭС и методы обращения с ними / А.А. Ключников, Э.М. Пазухин, Ю.М. Шигера, В.Ю. Шигера. – 2005. – С. 381-390.
3. Безопасность Окружающей Среды. Инновации и безопасность. – 2008. – №3. – С. 93-97.
4. Handling and Final Storage of Spent Nuclear Fuel. – Stockholm: Karo – Bransle Sakerhet. – 1989.

УДК 620.9

Л.И. Дейч

### **Преимущества перехода на возобновляемые источники энергии в России и мире**

В настоящее время энергетический баланс России более чем на 90% формируется за счет невозобновляемых углеводородных ресурсов. Доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) составляет в производстве электроэнергии всего около 0,5%, тепла – порядка 4% [1].

Еще в конце прошлого столетия широкое применение ВИЭ сдерживалось значительными ценами на сами установки и более высокой стоимостью, по сравнению с традиционными энергоустановками и производимой ими энергии. На данный момент во многих государствах в результате ужесточения экологических требований и государственной поддержки альтернативной энергетики эти цены приобрели более сбалансированный вид. Причем тенденция снижения стоимости энергии ВИЭ сохраняется наряду с тем, что цены на традиционные энергоносители только растут.

Вследствие интенсивных разработок и освоения промышленных технологий стоимость энергии, производимой с помощью ветроустановок, фотоэлектрических преобразователей, солнечных тепловых, геотермальных и биоэнергетических установок, удалось снизить в несколько раз.

Правительства некоторых стран, в условиях отсутствия достаточного количества собственных ископаемых ресурсов вынуждены обращать внимание на возможности использования ВИЭ и оказывать поддержку в их развитии. В России же развитию ВИЭ серьезно препятствует ряд факторов:

- изобилие углеводородных ресурсов;
- недостаточная поддержка ВИЭ на государственном уровне;

- невысокая степень проработанности законодательной базы по возобновляемой энергетике;
- отсутствие в необходимом количестве квалифицированных кадров в сфере использования возобновляемой энергетике;
- низкая обеспокоенность общества экологическими проблемами.

В настоящий момент возобновляемая энергетика в России находит применение преимущественно в энергодефицитных регионах, а также в изолированных от линий электропередач (автономных) районах, где из-за дороговизны завозного топлива и проблем с его доставкой ВИЭ оказываются конкурентоспособными. В то же время, практически повсюду в РФ можно в той или иной степени использовать ресурсы ВИЭ. В большинстве регионов одновременно представлены сразу несколько видов экономически доступных возобновляемых источников. Их комплексное развитие позволило бы в значительной степени обеспечить потребности регионов в электроэнергии.

Переход к ВИЭ в мире и в том числе в России вполне закономерен по ряду причин:

- во-первых, это экологические причины. В отличие от топливной энергетике (или с использованием ископаемого топлива), ВИЭ практически не выбрасывают парниковые газы, оксиды серы и азота. В отличие от ядерной энергетике, утилизация отслуживших свой срок элементов ВИЭ технически отработана и возможна в короткий срок. В отличие от «большой» гидроэнергетике, ВИЭ не требуют огромных территорий и переселения людей. Отсутствие потребности в воде для солнечных и ветровых электростанций;

- во-вторых, неистощимость ВИЭ в сравнении с нефтью, газом, углем, сырьем для ядерной энергетике;

- в-третьих, инфраструктурные преимущества близости к потребителю. Возможность децентрализованного размещения и инвестирования для большинства видов ВИЭ, а в большинстве случаев короткий инвестиционный цикл;

- в-четвертых, желание не зависеть от импорта энергоносителей. Данный фактор особенно важен для энергодефицитных регионов РФ, не имеющих своих запасов нефти и газа в достаточной степени.

Россия, в частности, обладает огромными запасами возобновляемых источников энергии, причем, вследствие ее географического положения, размеров, разнообразия климата и особенностей местности, виды ВИЭ существенно варьируются. Это отличает Россию от многих меньших по размеру стран, где из-за однородности географических условий доминирует один вид ВИЭ [3].

Это может позволить России комбинировать несколько различных возобновляемых источников энергии в одном регионе, что, в свою очередь, позволит с большей эффективностью реализовывать их потенциал.

Однако особенности энергетической обстановки в России накладывают специфические требования к формированию программ освоения возобновляемых источников энергии. Наряду с развитием технологий использования ВИЭ в составе систем централизованного энергоснабжения, необходимо в первую очередь обратить внимание на разработку и создание систем автономного электро- и теплоснабжения потребителей, развитие малой распределенной энергетики. Вместе с тем и в этой области также требуется проведение стимулирующей государственной политики, деятельность которой пока не позволяет полностью реализовать потенциал ВИЭ.

Ещё одним важным аспектом при оценке перспектив использования ВИЭ является огромный потенциал этих ресурсов (рис. 1). Возможность переработки всего 1 % энергии Солнца в первичную энергию позволило бы полностью покрыть потребность в электроэнергии для всей хозяйственной деятельности человека [2].

Для сравнения, по оценке Мирового энергетического агентства потребление электроэнергии составляет (на 2010 г.)  $9,8 \cdot 10^{12}$  Вт.

Очевидно, что развитие автономной и распределенной энергетики с использованием ВИЭ во многом будет определяться инициативой региональных и местных властей, а также частного бизнеса. Это, в первую очередь, связано с тем, что строительство солнечных, ветровых, геотермальных и др. электростанций сопряжено с достаточно значительными затратами и относительно долгими периодами окупаемости.

Также большое значение имеет и готовность научных и проектных организаций предложить эффективные технические решения по практическому использованию ВИЭ в различных секторах экономики. Для того, чтобы повысить эффективность энергетики и использование ВИЭ в России, необходимо интегрировать эти задачи в общую политическую структуру и обеспечить эффективные меры поддержки, в первую очередь, в правовом поле [3].

Увеличение доли использования ВИЭ могло бы способствовать уменьшению деградации окружающей среды в России и мире. Но, тем не менее, на данный момент сложилась тенденция, что выработка электроэнергии и тепла продолжается за счёт так называемых традиционных энергоносителей. Несмотря на все экологические преимущества, которыми обладают ВИЭ по сравнению с ископаемым топливом, производство энергии с использованием нефти, газа или ядерного топлива в данный момент по-прежнему считается более выгодным. Эта выгода оценивается неоднозначно и, в первую очередь, исходя из чисто экономической целесообразности.

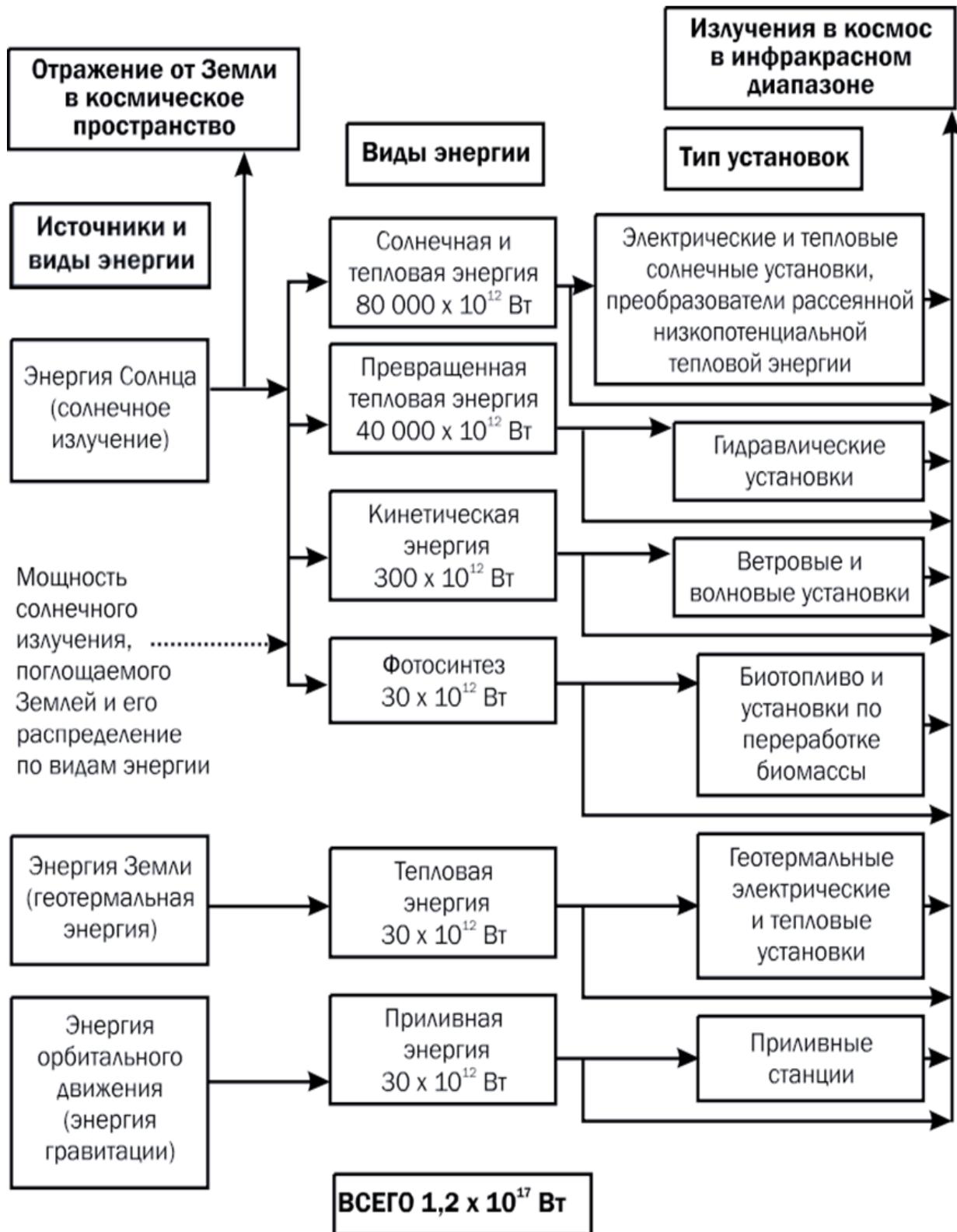


Рис. 1. Схема распределения потенциала ВИЭ [2]

Можно предположить, что в среднесрочной перспективе, в ряде стран и регионах мира традиционные энергоносители будут до такой степени истощены, что их добыча перестанет быть экономически целесообразна. Таким образом, не останется иного выхода, как переход на использование ВИЭ, по крайней мере, значительного увеличения доли

производства электроэнергии за счёт ВИЭ. Однако, если начать переход сейчас, то появится возможность избежать, или снизить риск возникновения энергетических кризисов, деградации компонентов биосферы, а также уменьшить объёмы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

#### Литература

1 Фортов, В.Е. Возобновляемые источники энергии в мире и в России [Текст]: научный обзор / В.Е. Фортов, О.С. Попель. – М.: Объединенный институт высоких температур РАН, 2013. – 11 с.

2 Безруких, П.П. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии и местным видам топлива [Текст] / П.П. Безруких. – М.: ИАЦ Энергия, 2007. – 272 с.

3 Шкардюк, И.Е. Тенденции развития возобновляемых источников энергии в России и мире [Текст]: учеб. пособие для вузов / И.Е. Шкардюк. – М.: НПО Москва, 2010. – 88 с.

УДК 502:656.13

Е.А. Каминская

### **Среда, удобная для жизни. Экологическая оценка транспортной системы исторического центра города**

Рост численности населения городов несет с собой новые социальные, экономические и экологические проблемы. Эти проблемы влияют на условия жизни и на природопользование [1]. Анализ состояния современных развитых городов со значительной площадью исторической территории показывает, что в условиях быстрого социально-экономического развития исторические зоны оказываются наиболее уязвимыми, так как сложившаяся система застройки и историческая улично-дорожная сеть не могут в точности соответствовать потребностям современных систем мобильности и строгим экологическим требованиям.

В Нижнем Новгороде наибольшие трудности развития этой территории связаны с тем, что исторический центр, сохраняя консервативные центральные функции, продолжает развиваться как современный центр города. Это ведет к обострению проблем формирования и функционирования транспортной инфраструктуры, обусловленной чрезмерным масштабом автомобилизации. Специфика решения транспортных и экологических проблем для зоны административно-делового и исторического центра обладает существенными трудностями, накопленные транспортные проблемы значительно ограничивают развитие и использование экосистемных услуг данной территории.

Экосистемные услуги сегодня являются важным фактором, влияющим на качество жизни в городе, развитие которых особенно важно

на исторической территории города. Они предоставляют существенное открытое пространство городским жителям, флоре и фауне, уменьшают транспортный шум и улучшают общий вид территории города. Особое место занимают зеленые насаждения, которые регулируют содержание углекислого газа в воздухе и противодействуют тепловому эффекту больших зон застройки [2].

В настоящее время качественная окружающая среда является не только основным критерием качества жизни в городе, но и одной из составляющих при оценке рыночной стоимости недвижимости. Чаще всего учитывают такие экологические факторы, как уровень загрязнения почвы, воздуха, воды, наличие красивого вида, привлекательная архитектурная среда, наличие или отсутствие зеленых массивов и др.

Чрезмерные масштабы автомобилизации, характерные для таких крупных городов, как Нижний Новгород, создают в свою очередь неблагоприятную экологическую обстановку, т.е. появляется риск возникновения хронических заболеваний, связанных с загрязнением атмосферного воздуха, и затрудняет посещение исторического центра города.

Историческая часть города располагается на территории старого Нижнего Новгорода, практически вся эта территория находится под охраной, в связи с тем, что здесь сосредоточено большое количество объектов культурного наследия. Многие из этих объектов имеют статус федерального значения. В то же время две трети исследуемой территории занимают общественно-деловые и коммерческие зоны, рядом с ними расположена зона жилой среднеэтажной и многоэтажной застройки (5-10 этажей), которая формирует жилые кварталы средней плотности [4].

Таким образом, центр Нижнего Новгорода является не только жилым районом, местом работы, но и местом отдыха большого количества людей, поэтому основные транспортные артерии исторического района, такие как ул. Варварская, ул. М. Горького, ул. Белинского загружены.

В связи с этим главной задачей на сегодня является преобразование транспортной системы исторической части города, т.к. комплексная оценка состояния окружающей среды этой территории показывает, что основными источниками вредного воздействия являются автомобильные дороги, которые создают зону шумового дискомфорта и увеличивают загазованность прилегающих территорий диоксидом азота.

Для преобразования исторической территории в среду, удобную для жизни человека, необходимо повышение ее привлекательности за счет приоритетного развития общественного транспорта, а также включение в транспортную структуру пешеходных улиц. Одной из таких улиц может быть Большая Печерская. При переводе Большой Печерской улицы в категорию трамвайно-пешеходных будет возможно:

- легко добираться до Сенной площади, недалеко от которой находится канатная дорога Нижний Новгород – Бор;

- до улицы Большой Покровской (пешеходная улица), соединяющей площадь М. Горького и площадь Минина и Пожарского;

- через площадь Сенную и улицы, перпендикулярно пересекающие Большую Печерскую, пешеходы смогут попасть на Верхне-Волжскую набережную (частично пешеходная улица);

- сохранить исторический облик улицы.

Это позволит сформировать систему улиц, с помощью которой люди смогут передвигаться пешком и на трамвае.

В результате перевода Большой Печерской в категорию пешеходных улиц увеличится транспортная нагрузка на другие улицы города, особенно на улицу Белинского, которая является важной транспортной артерией между площадью Лядова (проспект Гагарина) и Сенной площадью, что, в свою очередь, увеличит экологическую нагрузку на территорию.

Для решения этой транспортной и экологической проблемы возможно строительство дорог-дублеров основных городских магистралей, но для этого требуется отчуждение земель под строительство. Применительно к рассматриваемой территории альтернативным решением может быть строительство дорог-дублеров на эстакадах, предлагаемых кафедрой Автомобильных дорог ННГАСУ [3].

Расчеты рассеивания загрязняющих веществ содержащихся в атмосферном воздухе, которые были проведены на данной территории для разной солнечной радиации с помощью Гауссовой модели, показали, что при сильной солнечной радиации концентрация загрязняющих веществ в приземном слое воздуха около дороги с эстакадой ниже в 8,5 раз (рис. 1). В свою очередь, на дороге без эстакады максимальное значение загрязняющих веществ наблюдается непосредственно около дороги, а с эстакадой максимальной концентрации загрязняющие вещества достигают на некотором расстоянии от дороги (рис. 2). Это позволяет сформировать зону пониженного загрязнения около дорог, которая может составить при сильной солнечной радиации 40 метров от дороги, при слабой 60 метров.

На основе результатов расчета можно сказать, что строительство эстакады применительно к улице Белинского позволит эффективно использовать транспортные ресурсы города и снизить негативное воздействия на здоровье жителей. Несмотря на то, что данный проект обладает рядом преимуществ в решении транспортных и экологических проблем, он имеет и некоторые недостатки:

1. Улучшение транспортного сообщения привлечет большие автомобильные потоки с других магистралей и новые потоки, которые образуются в результате увеличения числа личных транспортных средств горожан. Это может привести к новым транспортным проблемам в долгосрочной перспективе.

2. Строительство эстакады по типовому проекту может сформировать новый гомогенный ландшафт территории, который создаст неблагоприятную визуальную среду для человека.

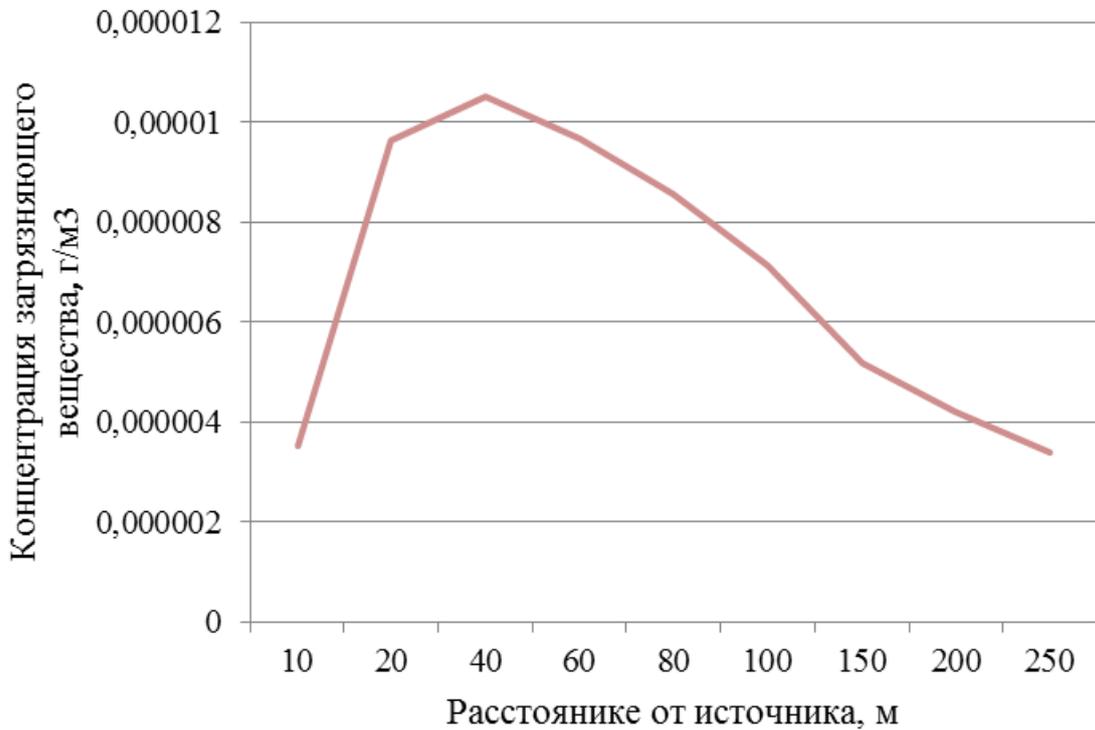


Рис. 1. График зависимости концентрации оксидов азота от расстояния от дороги с эстакадой при сильной солнечной радиации

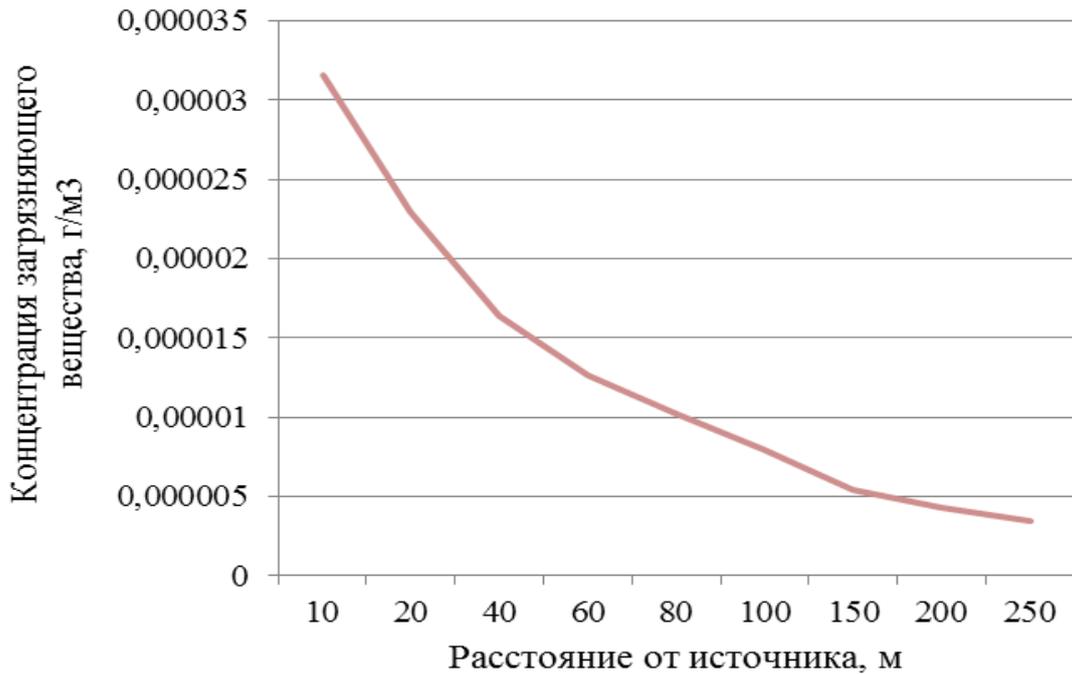


Рис. 2. График зависимости концентрации оксидов азота от расстояния от дороги без эстакады при сильной солнечной радиации

Таким образом, исследуемая территория обладает потенциалом для ее экономического развития (привлечение инвестиций), сохранения памятников истории путем развития «делового» бизнеса, размещения на ней застройки сложившейся малой и средней этажности, формирования сети пешеходных улиц. Это позволит повысить ее привлекательность не

только для жителей города, но и для туристов, сохранить и воссоздать уникальный исторический облик старого Нижнего Новгорода, преобразовать транспортную систему города и улучшить состояние окружающей среды, то есть сделать исторический центр удобным для жизни в соответствии с современными научными представлениями и в полной мере воспользоваться услугами окружающей природной среды города.

#### Литература

1. Вучик, В. Транспорт в городах, удобных для жизни [Текст]: пер. с англ. / А. Калинина. – М.: Изд-во «Территория будущего», 2011. – 250 с.
2. Бобылев, С.Н. Экосистемные услуги и экономика [Текст]: учебник для вузов / С.Н.Бобылев, В.М.Захаров; Институт устойчивого развития. – М.: ООО «Типография ЛЕВКО», 2009. – 72 с.
3. Костин, В.И. Стратегия инновационного развития автотранспортной инфраструктуры города Нижнего Новгорода [Текст] / В.И. Костин // Приволжский научный журнал. – 2010. – №1. – С. 96-105.
4. Нижний Новгород. Администрация. Генеральный план Нижнего Новгорода [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.admgor.nnov.ru>.

УДК 004.658

В.Г. Лагунова

### **Оценка эффективности использования географических информационных систем при управлении объектами сети инженерно-технического обеспечения**

Управление объектами городских инженерных сетей имеет актуальное значение для градостроительного, инвестиционного развития территории города и ее благоустройства. Эффективная эксплуатация таких объектов часто требует незамедлительных и адекватных действий, эффективность которых напрямую связана с оперативностью обработки и представления соответствующей информации. Изменения, происходящие в гражданском, земельном и градостроительном законодательстве, а также потребности эксплуатационной практики делают актуальным группировку данных об инженерных сетях в удобном для последующей работы виде, их надлежащее изображение, позволяющее анализировать, интерпретировать имеющуюся информацию.

В соответствии с требованиями Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [1], в Российской Федерации используется следующее понятие: «сеть инженерно-технического обеспечения» – совокупность трубопроводов, коммуникаций и других сооружений, предназначенных для инженерно-технического обеспечения зданий и сооружений» [2].

Одним из видов инженерно-технического обеспечения является система теплоснабжения. Тепловые сети, являясь основой инженерной инфраструктуры, в значительной мере определяют устойчивость развития как промышленных, так и социально-экономических территориальных образований. Надежность функционирования, качество транспортировки технологических и энергетических продуктов при эксплуатации тепловых сетей зависят от эффективности проведения процесса мониторинга их текущего состояния.

Наличие общих специфических особенностей тепловых сетей позволяет формировать обобщенные классы прикладных задач управления ими:

- 1) инвентаризации, создания технической документации, ведения реестра сетей для целей регистрации права, кадастрового учета;
- 2) оперативного реагирования на аварии и чрезвычайные ситуации;
- 3) планирования профилактических и аварийных ремонтных работ;
- 4) обеспечения экологической безопасности при эксплуатации.

На этапе обработки и анализа данных при решении этих задач существенное место занимает техническая оснащенность, включающая подходящее для решения поставленной задачи программное обеспечение. В качестве последнего все чаще применяется современная технология географических информационных систем (ГИС). Назначение ГИС – эффективное управление и рациональное использование городской территории путем перехода на автоматизированные методы планирования и управления, основанные на создании комплексного электронного кадастра тепловых сетей города. В связи с этим разработка структуры ГИС для повышения эффективности эксплуатации объектов теплосетей и ее практическая реализация является актуальной задачей.

Созданная автором ГИС охватывает подземные и наземные теплотрассы и ряд наземных объектов. В системе определяется местоположение теплотрасс, осуществляется их техническое описание, сбор землеустроительной и правовой информации. ГИС объединяет все входящие данные в единое целое, что значительно повышает производительность работ. Такой подход позволяет структурировать большое количество данных и исключить дублирование, ускорить процесс их обработки и обеспечить выдачу практически любой выходной документации и данных об объекте.

При оценке эффективности использования ГИС целесообразным представляется подход, основанный на постановке измеримых целей перед началом проекта и контроле их достижения по его результатам. В качестве измеримых (экономических) показателей эффективности внедрения часто рассматриваются: снижение затрат; сокращение производственного цикла; повышение эффективности использования ресурсов; повышение уровня обслуживания клиентов и другие [3]. Несмотря на проработанность данного вопроса для промышленности в целом, унифицированный подход

к оценке экономической эффективности информационных технологий на сегодняшний день отсутствует, а при внедрении ГИС, остается не исследованным [4].

Специфика оценки эффективности информационных технологий состоит в отражении их результатов, которые не являются доходами от продаж выпускаемой продукции, поэтому отличаются от результатов промышленных инвестиционных проектов, а могут принимать другие формы, например, экономии времени, предотвращения потерь. Изучение затрат и экономических последствий внедрения ГИС труднодостижимо, так как отсутствуют точные данные о результатах предприятия, достигаемых в каждый год расчетного периода, поэтому экономические оценки сводятся к выявлению позитивных результатов внедрения ГИС, измеряемых определенными качественными показателями.

Основной источник повышения эффективности от внедрения разработанной в работе ГИС условно можно разделить в соответствии с направлениями деятельности персонала организаций, обслуживающих тепловые сети. Например, реализованная в ГИС карта износа может быть использована чтобы составить план ремонтов, вовремя выявить места возможных аварий и предотвратить их. Переоценить экономическую эффективность такого решения сложно. Известно, что городская инфраструктура находится в неудовлетворительном состоянии. Стоимость экстренного ремонта, проводимого в результате аварии в зимний период может составлять миллионы рублей. Так, например, в городских условиях стоимость устранения одной аварии на магистральной нити теплосети составляет от 300 – 400 тыс. руб. до десятков млн руб. Любые аварии несут огромные проблемы как для эксплуатирующей организации, так и для «физических и юридических лиц», то есть для потребителей. Речь идет и об упущенной выгоде, и о возможности болезней и прочее. Таким образом, цена вопроса возрастает в десятки и сотни млн руб. Естественно, любая возможность как-либо предотвратить аварию имеет огромную экономическую эффективность.

Запрос по определению типа прокладки помогает как на этапе регистрации прав на объекты тепловых сетей, так и на этапе их эксплуатации. Так, при регистрации с целью проведения работ по координированию характерных точек контура объекта недвижимого имущества можно заранее определить, сколько сетей проходит надземно и, исходя из стоимости погонного метра, определить стоимость технического плана. При эксплуатации сетей так же часто требуется знать информацию о типе прокладке, поскольку такая информация необходима для установления объема земляных работ при ремонте.

Владея информацией, точной и в нужное время, сотрудники принимают более обоснованные, более адекватные управленческие решения. Очевидно, что ГИС способствует сокращению сроков работ, создает мобильные выходные материалы.

Экономический эффект не может быть определен в количественном выражении без учета стоимости внедрения. Данная величина зависит от многих факторов, может складываться из стоимости лицензий программного обеспечения, стоимости таких услуг, как процесс создания системы, техническая поддержка, сопровождение системы, устранение неполадок; обучение сотрудников заказчика.

При создании ГИС использовалось сканирование, наносилась координатная сетка на растры, проводилась векторизация, составление запросов. Выполнение этих действий требует высокой квалификации специалиста и знание программ на профессиональном уровне. Поэтому оценка эффективности внедрения ГИС решается в зависимости от объема, качества и сроков выполнения перечисленных работ.

Внедрение ГИС-технологий связано с долговременным отвлечением значительных финансовых, материальных и других ресурсов, а экономическая и функциональная отдача от этого наступает постепенно. Поэтому принятию решений по внедрению ГИС-технологий должен предшествовать комплексный анализ – консалтинг, который предоставляет руководству предприятия полную картину необходимых затрат на приобретение и внедрение ГИС-технологий, а также перспективу экономического и технологического эффекта от внедрения этих технологий.

Представленные результаты позволяют сделать вывод о том, что внедрение разработанной ГИС будет экономически обоснованным, поскольку обеспечит переход на качественно более высокий уровень на всех основных направлениях деятельности персонала организаций.

#### Литература

1. Российская Федерация. Правительство. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ [Электронный ресурс] – Режим доступа: КонсультантПлюс Версия Проф. Законодательство.
2. Российская Федерация. Минтопэнерго РФ. Правила охраны магистральных трубопроводов. Постановление от 22.04.1992 № 9 [Электронный ресурс] – Режим доступа : КонсультантПлюс Версия Проф. Законодательство.
3. Крылов, Э.И. Анализ эффективности инвестиционной и инновационной деятельности предприятия: Учеб. пособие / Э.И. Крылов, В.М. Власова, И.В. Журавкова, М.: Финансы и статистика, 2003. – 608 с.
4. Демочко, В. Можно ли сделать внедрение ГИС-технологий успешным? / В. Демочко // САПР и графика. – 2002. – №1. – С.274.

### Результаты исследования «линейного» способа определения радиуса сооружения круглой формы

Известны различные косвенные способы определения радиуса сооружений круглой формы: линейно-угловые, координатные, способы продольного или поперечного базиса, фотографический и др. [1].

На кафедре инженерной геодезии ННГАСУ под руководством проф. Шеховцова Г. А. разработан новый, названный «линейным», способ определения радиуса сооружения круглой формы. Этот способ (рис. 1) предусматривает измерение, например, лазерной рулеткой из некоторой точки  $A_1$  всего двух расстояний:  $A_1D = d$  по направлению на центр  $O$  сооружения и  $A_1K_1 = l$  по направлению касательной к образующей сооружения [2].

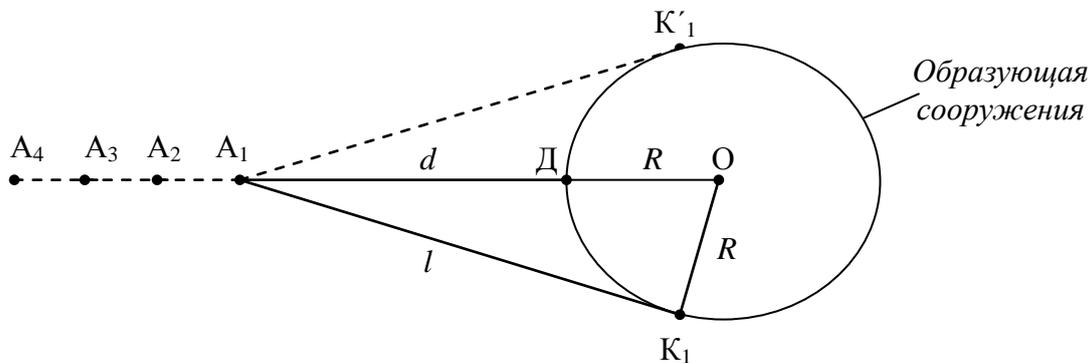


Рис. 1. Схема к определению радиуса «линейным» способом

В этом случае  $R^2 = (d+R)^2 - l^2$ , поэтому радиус можно вычислить по формуле:

$$R = \frac{l^2 - d^2}{2d}. \quad (1)$$

На основании формулы (1) можно сделать вывод, что точность определения радиуса будет целиком зависеть от точности измерения расстояний  $d$  и  $l$ .

Отметим, что в таком «линейном» способе для измерения расстояния  $d$  с помощью лазерной рулетки, например, HD150 достаточно воспользоваться её клавишей «min-max», проведя лазерным пучком по образующей сооружения слева направо от точки  $D$ . Минимальное расстояние на дисплее покажет величину  $d$  с точностью 2-3 мм, заявленной в паспорте этой рулетки.

Что касается расстояния  $l$ , то ошибка его измерения в основном будет зависеть от точности определения положения точки касания  $K$  на поперечном сечении сооружения.

С целью подтверждения возможности и уточнения методики использования «линейного» способа были проведены его натурные испытания. В качестве объекта наблюдений выступала дымовая труба с радиусом поперечного сечения в её нижней части около двух метров.

На местности на расстояниях 5, 10, 15 и 20 м от точки  $D$  были отмечены точки  $A_1, A_2, A_3$  и  $A_4$  (рис. 1). В этих точках последовательно устанавливался штатив примерно на одном уровне с исследуемым сечением трубы, служащий в дальнейшем ориентиром для определения на этом сечении трубы точек  $K_{1,2,3,4}$ . Для этого был использован действующий макет устройства проф. Шеховцова Г. А. (рис. 2). С помощью этого устройства на трубе отмечалась вспомогательная точка, которая затем проектировалась шнуровым отвесом на исследуемое сечение трубы, в результате чего получали точки касания  $K_{1,2,3,4}$ .



Рис. 2. Определение направления визирного приспособления на штатив, расположенный в точках  $A_1, A_2, A_3, A_4$  и отмечание на трубе точки его касания

Затем с помощью лазерной рулетки HD150, расположенной на головке штатива (рис. 3), последовательно измерялись расстояния  $d_{1,2,3,4}$  по изложенной выше методике и расстояния  $l_{1,2,3,4}$  путём наведения лазерного пучка на экран-отражатель, удерживаемый на точках касания  $K_{1,2,3,4}$ .

Описанные действия выполнялись с другой стороны трубы, вследствие чего были найдены точки касания  $K'_{1,2,3,4}$  (рис. 1) и измерены расстояния  $d'_{1,2,3,4}$  и  $l'_{1,2,3,4}$ . Результаты измерений представлены в таблице 1.

Рис. 3. Определение расстояний:  $d$  до трубы и  $l$  до точки касания

Таблица 1

Результаты измерений расстояний  $d$  и  $l$  и вычислений  $R$ 

Точки	$l$ левые, м	$d$ , м	$l$ правые, м	$R$ левые, м	$R$ правые, м	$(R_l + R_p)/2$ , м	$R - 1,983$ , м
A <sub>1</sub>	6,784	5,102	6,910	1,959	2,128	2,044	0,061
A <sub>2</sub>	11,846	10,135	12,008	1,855	2,046	1,951	-0,032
A <sub>3</sub>	17,034	15,206	17,138	1,938	2,055	1,996	0,013
A <sub>4</sub>	22,135	20,288	22,228	1,931	2,033	1,982	-0,001
						$R_{cp} = 1,993$	

Данные таблицы 1 позволяют констатировать, что среднее значение радиуса  $R_{cp} = 1,993$  м отличается от его истинного значения 1,983 м (найденного из измеренного рулеткой значения  $2\pi R$ ) на 10 мм. Вычисления величины радиуса по средним значениям  $(l_l + l_p)$ , представленные в таблице 2, дали практически те же результаты, что и в таблице 1.

Таблица 2

Результаты вычислений  $R$  по средним расстояниям  $l$ 

Точки	$(l_l + l_p)$ , м	$d$ , м	$R$ , м	$v = R - R_{cp}$	$v^2$
A <sub>1</sub>	6,847	5,102	2,043	0,050	0,00250
A <sub>2</sub>	11,927	10,135	1,950	-0,043	0,00185
A <sub>3</sub>	17,086	15,206	1,996	0,003	0,00001
A <sub>4</sub>	22,182	20,288	1,982	-0,011	0,00012
			$R_{cp} = 1,993$	$\Sigma = -0,001$	$\Sigma = 0,00448$

Была произведена обработка представленного в табл. 2 ряда равноточных измерений  $A_{1,2,3,4}$ , которая заключалась в определении вероятнейшего значения измеряемой величины  $R_{\text{ср}}$ , средней квадратической ошибки  $m$  отдельного измерения по формуле Бесселя

$m = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}}$ , и средней квадратической ошибки вероятнейшего значения  $M = \frac{m}{\sqrt{n}}$ , которые оказались равными соответственно 0,039 м и 0,019 м.

Полученные в результате измерений данные подтверждают возможность использования рассматриваемой методики для наиболее простого (среди известных методик) способа определения радиуса сооружения круглой формы. Другим достоинством «линейного» способа является возможность производства лишь односторонних (левых или правых) измерений, что в условиях застроенности территории может иметь решающее значение.

Что касается расхождения в значениях « $l$  левые» и « $l$  правые» (табл. 1), то оно объясняется наличием так называемой коллимационной ошибки. Она обусловлена неперпендикулярностью визирного приспособления (у нас это линейка) и средней ножки штатива. Избежать влияния коллимационной ошибки можно, если определять положение точки касания дважды, когда средняя ножка штатива вначале занимает верхнее положение (рис. 2), а затем – нижнее, после разворота приспособления на  $180^\circ$ . Однако, исследования такой методики показывают, что она приемлема для сооружений постоянного радиуса.

Повысить точность измерений для сооружений переменного радиуса (как в нашем случае) можно, во-первых, располагая устройство так, чтобы визирное приспособление касалось именно исследуемого, а не произвольного сечения. Во-вторых, необходимо, чтобы средняя ножка устройства располагалась в одной плоскости с двумя другими ножками, была снабжена более точным визирным приспособлением, а определение точки касания следует производить дважды для исключения коллимационной ошибки.

Наконец, следует строго фиксировать на штативе положение точки  $A$ , на которую производится визирование и от которой в дальнейшем выполняется измерение расстояний  $d$  и  $l$ .

#### Литература

1. Шеховцов, Г.А. Косвенные способы определения радиуса сооружений круглой формы / Г.А. Шеховцов, Р.П. Шеховцова // Промышленная безопасность. Сб. статей. Н.Новгород: ННГАСУ. – 2014.
2. Шеховцов, Г.А. Результаты моделирования косвенных способов определения радиуса сооружений круглой формы / Г.А. Шеховцов, Р.П. Шеховцова // Промышленная безопасность. Сб. статей. Н.Новгород: ННГАСУ. – 2014.

### **Современные виды информационных ресурсов для управления инженерными сетями города**

На современном этапе научным инструментом совершенствования управления имуществом предприятий является системный подход, важным элементом которого является необходимость систематизации информации. Комплексное использование технических средств получения, передачи, обработки информации и, в первую очередь, использование электронно-вычислительной техники играют важную роль в решении теоретических и прикладных проблем управления.

В настоящее время задачи, связанные с управлением сложными техногенными объектами, в том числе системами инженерных коммуникаций, решаются с использованием информационных технологий. Разработчиками и исследователями предлагается большое число различных решений, которые сильно разнятся по своим параметрам, возможностям и, в конечном итоге, по практической применимости для решения насущных и перспективных задач, встающих при управлении имуществом инженерных сетей.

Информационная модель объектов инженерной сети включает четыре обязательных составляющих: графическое отображение, семантическое описание, ассоциативные связи и систему классификации объектов. Такую модель можно назвать информационно-графической моделью, а информационные технологии управления инженерными коммуникациями, в основе которых лежит использование предложенной модели объектов, - информационно-графическими технологиями [1].

В настоящее время на рынке представлено несколько видов систем, используемых для информационной поддержки инженерных сетей.

Одно из направлений ориентировано на разработку баз данных, призванных обслуживать инвентаризационные запросы, работу с потребителями и другие задачи. Как правило, такие разработки являются уникальными для данного конкретного заказчика. Оторванность таких систем от оперативной инженерной информации делает такие системы ограниченно пригодными [2].

Существует тенденция использования неспециализированных базовых программных комплексов систем автоматизированного проектирования (САПР) – для построения на их основе систем информационного моделирования инженерных сетей, разработчиком которых являются, например, AutoDesk Limited [3], Seli, Intergraph и др. К программным системам, построенным на платформе САПР и обеспечивающим решение проектных задач, относятся CREDO фирмы «Кредо-Диалог» (Минск, Белоруссия), система ReCAD (ООО ИДЦ «Индор», Томск) и др. САПР-системы имеют много достоинств, но не

способны обеспечить удобную работу с большими массивами пространственной информации, не предоставляет развитых средств подключения баз данных.

Геоинформационные системы (ГИС) связаны с задачами территориального планирования и управления. Описания объектов в данных системах позволяют определять взаимосвязи явлений, производить построение буферных зон и т.д. Рассматривая современные ГИС, необходимо учитывать, что возможности различных классов этих систем неодинаковы.

Можно выделить два класса ГИС. Первые – это мощные, ориентированные на рабочие станции или мощные ПК и сетевую эксплуатацию системы, обрабатывающие колоссальные объемы информации, имеющие разнообразные средства ввода и вывода и документирования. Ярким представителем этого класса является такой продукт, как GRASS [4]. Эта система имеет универсальный характер, позволяющий им быть применимыми в различных отраслях с одинаковым успехом. Вторую группу составляют настольные геоинформационные системы, которые обладают несколько меньшими возможностями, чем описанные выше системы, но могут быть использованы в задачах управления. Эти системы доступны большинству коллективов и могут работать в любом малом офисе. Типичными представителями таких систем являются MapInfo [5], GeoGraph [6].

Имеют место специализированные комплексы, имеющие в себе функции управления инженерными сетями и функции ГИС, разработанные ИВЦ «Поток» (Россия) и ИВК «Модель» (Украина). Ими созданы пакеты комплексов программно-технических средств различных тематик [7], [8]. Однако такие комплексы, как правило, имеют очень высокую цену и требуют больших вычислительных ресурсов [9]. В то же время современные настольные системы ГИС имеют все необходимые средства для интеграции в информационные комплексы.

Оценка практической пригодности различных классов систем по таким эксплуатационным качествам, как простота использования, требования к оборудованию, наглядность результатов работы, эффективность использования, сложность внедрения, функциональность и стоимость, показывает, что ни один из классов продуктов не может претендовать на роль лучшей системы для управления инженерными сетями [10]. Они либо не решают все необходимые задачи, либо решают их недостаточно удобно и эффективно. Как показывает практика, сложно довести систему до промышленной эксплуатации, производственными службами (диспетчерские службы, аварийные бригады, производственно-технические отделы и т.д.). Это связано с проблемами финансирования, с низким уровнем компьютерной грамотности эксплуатационного персонала. Факторами, влияющими на отказ от использования профессиональных ГИС эксплуатирующими организациями являются:

- высокая стартовая стоимость (покупка инструментария и необходимого количества лицензий, разработка и внедрение решений), дорогой консалтинг;
- высокие требования к аппаратным ресурсам и операционной среде;
- необходимость наличия программистов, обученных и сертифицированных производителем ГИС-инструментария;
- необходимость покупки пользовательских лицензий на целый ряд «сопутствующих» систем и продуктов.

Рынок предложений наполнен инструментарием для построения полнофункциональных ГИС. В структуре спроса в настоящее время преобладают не столько полнофункциональные ГИС, сколько ГИС-приложения для решения конкретных производственных и технологических задач.

ГИС-приложения должны обеспечивать:

- своевременность сбора информации об объектах местности и передачу информации для обработки;
- высокую достоверность данных;
- необходимую и достаточную точность картографической информации;
- передачу требуемой информации потребителям в строго определенном режиме и в заданные сроки;
- полное отражение в информационных массивах состояния картографических объектов по всем характеристикам без необоснованной избыточности данных;
- применение совершенных носителей и способов записи, получения, обработки и контроля картографической информации с использованием современных технических средств;
- использование унифицированной системы нормативно-правовой документации и документооборота;
- рациональную организацию технологических процессов, обеспечивающих необходимую эффективность работы технических средств на всех этапах обработки картографических данных.

Все это позволяет сделать вывод о целесообразности и эффективности построения систем информационного моделирования с использованием ГИС, имеющей средства интеграции и предназначенной для выполнения таких подзадач, как отображение данных и пространственный анализ инженерных сетей, удобных и доступных для эксплуатации производственными службами.

#### Литература

1. Вайсфельд, В.А. Принципиальные основы применения ГИС-технологий для городских инженерных коммуникаций / В.А. Вайсфельд, А.Р. Ексаев // Инженерные коммуникации и геоинформационные системы:

Материалы первого учебно-практического семинара «ГИС-Ассоциация», 14-17 октября 1997 г. – М., 1997. – С. 3-9.

2. Крысин, С.П. Подход к построению информационной системы автомобильных дорог / С.П. Крысин, А.П. Акулов, Д.С. Сарычев // Актуальные проблемы повышения надежности и долговечности автомобильных дорог и искусственных сооружений на них (Труды Всерос. науч.-практич.конф.). – Барнаул, 2003. – С. 20-22.

3. Omura G. Mastering AutoCAD / G.Omura. Sybex Inc., 2002. – 1352 p.

4. GRASS 4.1 Reference Manual. Champaign, Illinois: U.S. Army Corps of Engineers, Construction Engineering Research Laboratories, 1993. – 425 p.

5. MapInfo User's Guide. MapInfo Corp., 1995. – 252 p.

6. GeoGraph для Windows. Руководство пользователя. – М.: ЦГИ ИГ РАН, 1997. – 153 с.

7. Водоснабжение и водоотведение, пакет комплексов программно-технических средств АСУ, АСДУ, АСУ ТП, техническое описание. – М.: ИВЦ «Поток», ИВК «Модель», 1997. – 20 с.

8. Беспалов, В. Развитие систем PDM: вчера, сегодня, завтра / В. Беспалов, В. Клишин, В. Краюшкин // САПР и графика. 2001. № 11: Управление и производство. – С. 12-14.

9. Harder C. Enterprise GIS for Energy Companies. – N.Y.: ESRI Press, 1999. – 120 p.

10. Сарычев, Д. С. Современные информационные системы для инженерных сетей / Д.С.Сарычев // Томск, Вестн. Томск. гос. ун-та. – 2003. – № 280. – С. 358-361.

УДК 502:656.13

Л.А. Минеева

### **Развитие центральных функций в географическом центре Нижегородской агломерации путем развития экосистемных услуг**

Нижегородская агломерация – крупнейшая в Среднем Поволжье. Пространственная структура Нижегородской агломерации носит отчетливо моноцентрический характер, отличаясь резким преобладанием главного города-центра агломерации, центра 1-го порядка, над центрами 2-го порядка и даже над всей совокупностью таких центров. Нижний Новгород по численности населения превосходит сейчас крупнейшие города-спутники формируемой им агломерации в 5–35 раз (Дзержинск, Балахнинский район, Богородский район, Бор, Городецкий район, Кстовский район, Павловский район).

Зоной, исполняющей центральные функции города, в Нижнем Новгороде в настоящее время является историческая часть города, которая

совмещает в себе историко-культурный, а главное административно-деловой центр.

Но территория географического центра города, в пределах которого проживает значительная часть населения, также нуждается в развитии экосистемных услуг в плане повышения привлекательности территории, улучшения транспортной структуры и рационального использования прибрежной территории.

В данной работе в качестве географического центра рассматривается территория, расположенная в Заречной части города, вдоль реки Оки. Площадь этой территории около 10,1 км<sup>2</sup>, что составляет 2,17 % от всей территории города (рис.1).

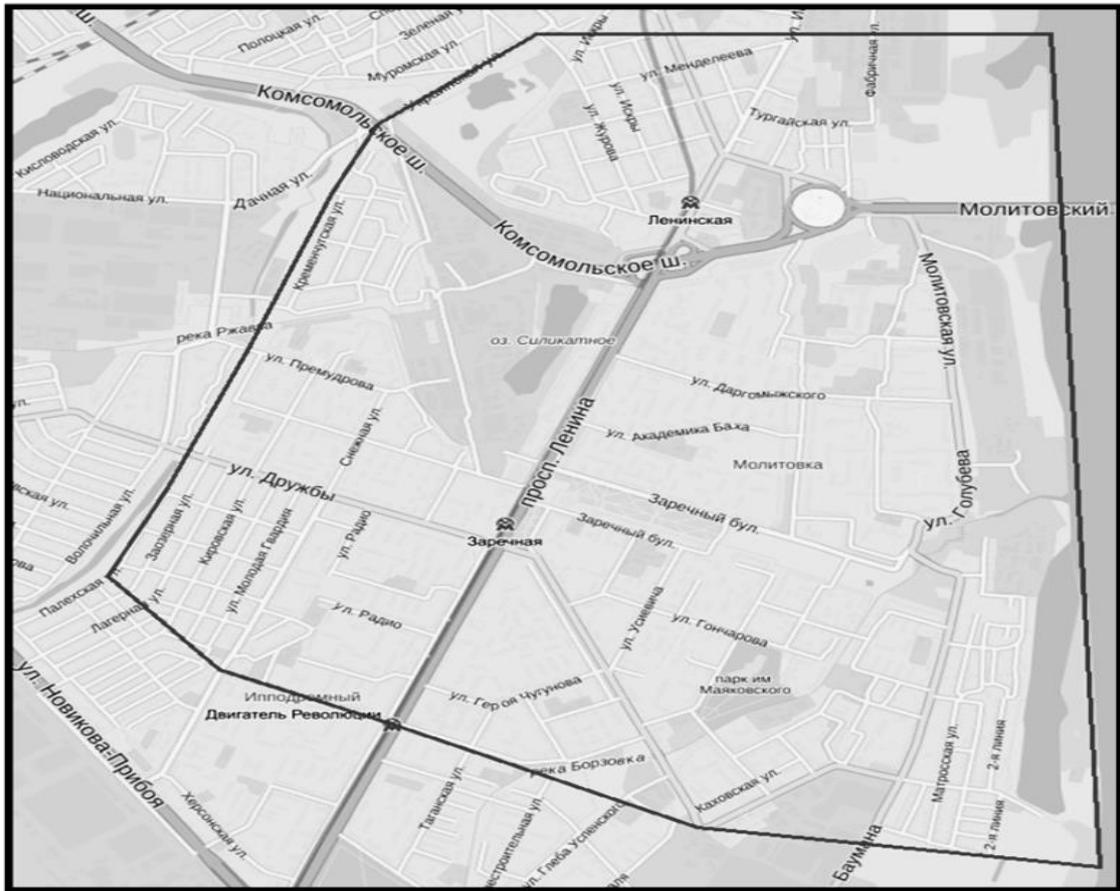


Рис. 1. Границы рассматриваемой территории

Центральные функции заключаются в разнообразном обслуживании населения и хозяйства прилегающих территорий. В число центральных функций необходимо включить также и экосистемные функции.

Экосистемные услуги – это удобное понятие, отображающее многообразие отношений человека с географическим пространством. Оно лучше близкого к нему традиционного понятия «ресурсы» отображает многообразие этих отношений. В контексте концепции устойчивого развития экосистемные услуги выступают как механизм активной адаптации человека к окружающей его природе [1].

Территория имеет выход к реке Оке. Приречные территории – потенциальные резервы городской среды, которые обладают большой динамикой функций и высоким природным потенциалом. Интенсивное развитие береговой зоны позволит не только дать импульс развитию окружающей территории, но и улучшить городские панорамы.

Прибрежные территории протекающих в черте города рек являются важной частью городского экологического каркаса. Важнейшая роль прибрежных территорий состоит в регулировании качества поверхностных и грунтовых вод, а также способность долинных ландшафтов проводить потоки воздуха как вдоль речной долины, так и распространять речной бриз (ветер с акватории) на прилегающие кварталы городской застройки, тем самым освежая воздух в городе.

Кроме экологических функций прибрежные территории обладают наибольшей привлекательностью для организации отдыха городского населения. Природные предпосылки к этому очевидны. Однако прибрежные территории в городе не всегда используются так, чтобы оставалось место для рекреации, поскольку они в первую очередь заняты объектами жилой и промышленной застройки, инженерно-транспортной инфраструктуры [2]. В результате горожане теряют самое важное – условия здоровой окружающей среды в городе.

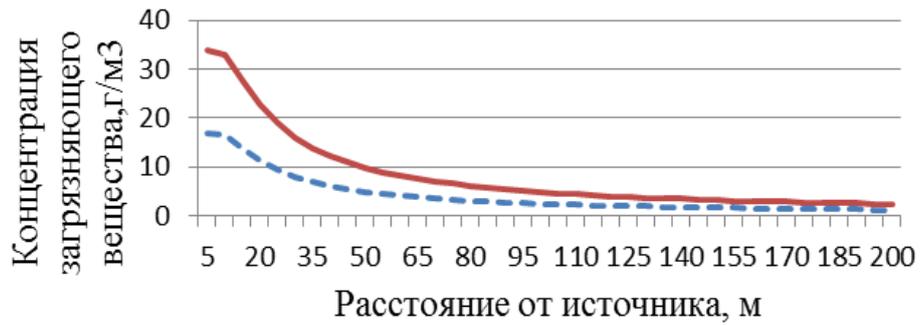
Качество городской жизни также тесным образом связано с устойчивым городским транспортом и мобильностью. Мобильность является основой справедливого доступа к основным функциям, товарам, услугам и мероприятиям, таким как работа, образование, медицинское обслуживание, магазины, досуг – и способствует участию людей в общественной жизни.

Население городов должно иметь возможность пользоваться любым видом транспорта, таким как личные автомобили, общественный транспорт и безмоторный транспорт (передвижение на велосипедах и пешком), в безопасном, экологичном, эффективном и доступном режиме.

Рассматриваемая территория в настоящее время уже обладает достаточно развитой транспортной инфраструктурой. Здесь присутствуют все возможные в городе виды транспорта: наземные, подземный и рельсовый, что позволяет добраться практически в любую часть города без пересадок.

Сегодня движение по пр. Ленина одно из наиболее интенсивных. Постоянные транспортные заторы в часы пик сильно затрудняют передвижение пассажиров и перевозку грузов.

Итогом является то, что практически вся застройка вдоль магистрали на этом расстоянии попадает в зону превышения ПДК. Превышение ПДК, например, окиси углерода наблюдается вплоть до 80 - 160 м от магистрали. Застройка же начинается на расстоянии 35 - 40 м от магистрали (рис. 2).



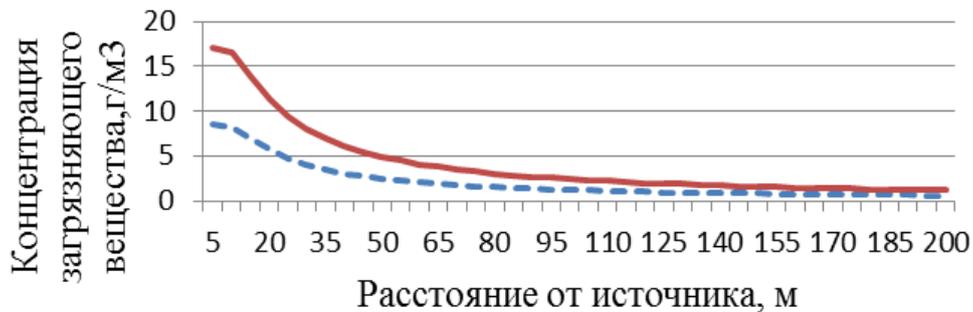
Условные обозначения:

----- – направление ветра перпендикулярно направлению дороги;

— – направление ветра совпадает с направлением дороги

Рис. 2. Концентрация окиси углерода CO вдоль пр. Ленина

Одним из решений данной проблемы является перевод 50% транспортных средств на эстакаду (рис. 3, 4).

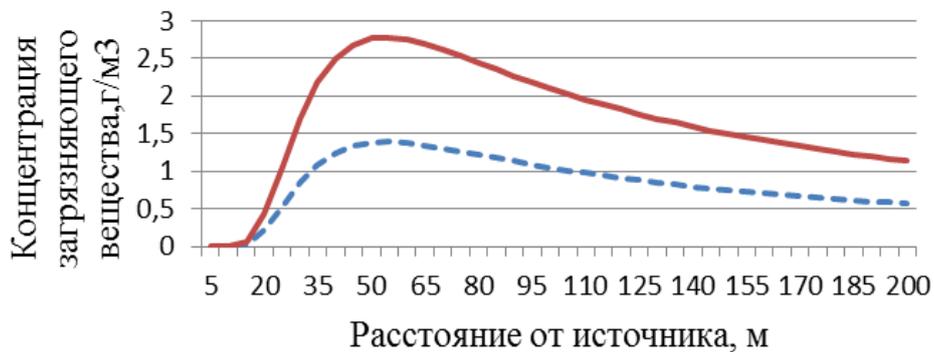


Условные обозначения:

----- – направление ветра перпендикулярно направлению дороги;

— – направление ветра совпадает с направлением дороги

Рис.3. Концентрация окиси CO вдоль пр. Ленина после перевода 50 % транспортных средств на эстакаду



Условные обозначения:

----- – направление ветра перпендикулярно направлению дороги;

— – направление ветра совпадает с направлением дороги

Рис. 4. Концентрация окиси CO вдоль эстакады

На эстакадах движение транспорта происходит без задержек с наиболее выгодной с экологической точки зрения средней скоростью. Рассеивание токсичных веществ от эстакад в вертикальном направлении осуществляется как вверх, так и вниз (в сторону земли). За счет этих факторов концентрация токсичных веществ от транспорта, движущегося по эстакадам, крайне мала и не оказывает никакого существенного воздействия на окружающую среду.

В настоящее время географический центр не соответствует статусу зоны центральных функций. Разработка экосистемных услуг на данной территории позволит это исправить, сделать территорию привлекательной для создания здесь административно-делового центра.

#### Литература

1. Бобылев, С.Н. Экосистемные услуги и экономика [Текст]. – М.: ООО Типография ЛЕВКО, 2009. – 72 с.
2. Большаков, А.Г. Принципы организации прибрежных территорий как экологического каркаса города [Текст] / А.Г. Большаков // Известия Иркутского Государственного Университета. Серия «Биология. Экология» – 2011. – Том 4, № 2 (10). – С. 3–11.

УДК 528.48

Я.А. Рыжевская, Ю.Д. Щелокова

#### **Некоторые результаты моделирования фотографического способа определения ширины колеи мостового крана**

Ширина колеи  $l$  мостового крана является одним из наиболее ответственных параметров, так как её сужение или уширение может препятствовать свободному прохождению крана по рельсовому пути, способствовать преждевременному износу реборд ходовых колёс и боковых граней рельсов и быть причиной аварии в результате схода крана с рельсов.

Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъёмных кранов регламентируется допуск  $d$  на сужение или уширение ширины колеи равный 15 мм. В работе [1] приведена формула перехода от нормативных допусков  $d$  к средним квадратическим ошибкам  $m$  геодезических измерений в зависимости от величины нормируемого множителя  $t$ , которому соответствует определённая величина вероятности  $p$ :

$$m = \frac{0,4d}{t} . \quad (1)$$

В табл. 1 приведены значения средней квадратической ошибки  $m$ , определения ширины колеи для различных значений  $t$  при  $d = 15$  мм.

Соотношение между  $m_l$  и  $t$  при  $d = 15$  мм

$t$	Вероятность $p$	$m_l$ , мм
1,6	0,890	4
2,0	0,955	3
2,5	0,988	2
3,0	0,997	2

Данные таблицы 1 говорят о высоких требованиях к точности геодезических измерений ширины колеи.

Основным недостатком существующих способов непосредственных измерений ширины колеи является необходимость выхода исполнителей на подкрановый путь [1]. Исключить этот недостаток призван так называемый «фотографический способ», разработанный на кафедре инженерной геодезии ННГАСУ под руководством проф. Г. А. Шеховцова. Способ основан на использовании цифровых фотоаппаратов, совместимых с персональным компьютером и программ редактирования фотографических изображений (ArchiCAD 18, Adobe Photoshop CS6 и др.).

Сущность фотографического способа поясняется рис. 1 и заключается в следующем. Устанавливают, например, на неработающем кране фотокамеру, а на работающем кране закрепляют две марки 1 и 2, расстояние между которыми является базисом, длину которого  $S$  измеряют.

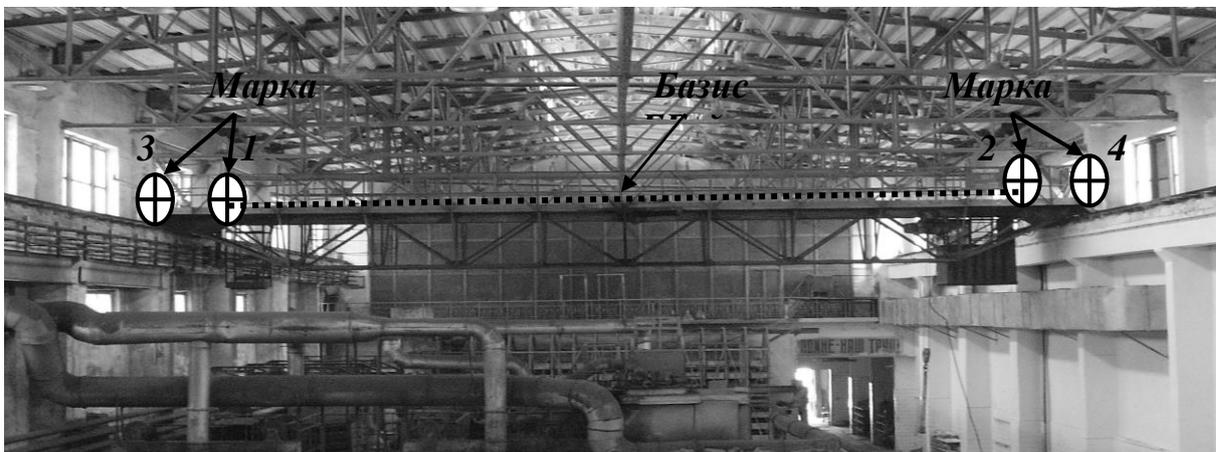


Рис. 1. Схема фотографического способа определения ширины колеи мостового крана

Перемещают кран, пока он не расположится в створе двух колонн в пролёте. В этом же створе устанавливают на рельсы две марки 3 и 4 и фотографируют все четыре марки. Базис в дальнейшем служит для масштабирования снимка с целью получения результатов измерения на нём в метрической системе.

Определяют на снимке сколько пикселей  $S_{\Pi}$  содержится в длине базиса 1-2 и сколько пикселям  $l_{\Pi}$  соответствует расстояние между марками 3-4. Вычисляют ширину колеи  $l$  по формуле:

$$l = \frac{S}{S_{\Pi}} l_{\Pi}, \quad (2)$$

где  $S/S_{\Pi}$  – цена деления одного пикселя.

С целью определения возможности использования и предварительной оценки точности фотографического способа было выполнено соответствующее моделирование. В качестве модели выступали две параллельные полосы толщиной 5 мм каждая в коридоре третьего этажа 5 корпуса ННГАСУ (рис. 2). Фотографирование выполнялось с помощью аппарата Nikon D3100 с зафиксированным фокусным расстоянием 55 мм.

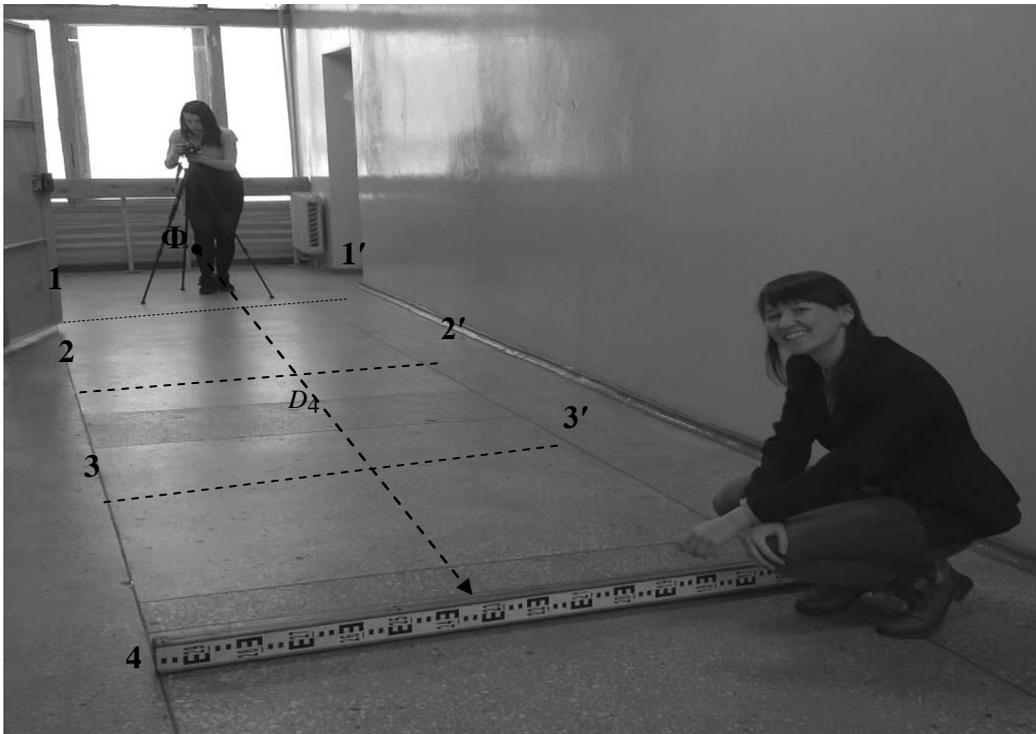


Рис. 2. Схема моделирования фотографического способа определения ширины колеи

Процесс измерений заключался в следующем. В точке  $\Phi$  на штативе был установлен фотоаппарат на высоте 1,23 м. На полосах на расстояниях  $D_1, D_2, \dots, D_{14}$  от точки  $\Phi$  были отмечены пары точек 1-1', 2-2', ..., 14-14', фиксирующие пролёты по перпендикулярным к полосам направлениям, истинное значение которых было измерено лазерной рулеткой HD150.

Нивелирная рейка последовательно укладывалась на пролётах 1-1', 2-2', ..., 14-14' и каждое такое положение фотографировалось из точки  $\Phi$ . В ходе работы было выполнено 14 таких экспозиций с изображением полос и рейки.

Полученные снимки выводились на экран монитора и с помощью программы ArchiCAD 18 выполнялся подсчёт количества пикселей  $l_{\Pi j}$ ,

приходящихся, во-первых, на ширину пролётов 1-1', 2-2', ..., 14-14', имитирующих ширину колеи  $l_i$  и, во-вторых, количество пикселей  $S_{Pi}$ , приходящихся на рейку длиной  $S_{1,2,3} = 1,5; 1,0; 0,5$  м соответственно. Результаты измерений и вычислений представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты моделирования фотографического способа определения ширины колеи

Пролёты	Расстояние $D$ , м	Ширина пролёта, $l_{ист}$ , мм	К-во пикселей в пролёте и рейке				Цена деления, мм/пик			Измеренная ширина пролёта $l_{изм}$ , мм			Ошибки $\Delta l = l_{изм} - l_{ист}$ , мм		
			Пролёт	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1-1'	7,936	1487	1061	1071	714	356	1,4006	1,4006	1,4045	1486	1486	1490	-1	-1	+3
2-2'	9,610	1483	867	879	586	293	1,7065	1,7065	1,7065	1480	1480	1480	-3	-3	-3
3-3'	10,207	1486	820	828	552	276	1,8116	1,8116	1,8116	1486	1486	1486	0	0	0
4-4'	12,104	1485	691	698	465	233	2,1490	2,1505	2,1459	1485	1486	1483	0	+1	-2
5-5'	13,914	1482	604	610	407	204	2,4590	2,4570	2,4510	1485	1484	1480	+3	+2	-2
6-6'	15,610	1487	539	543	362	181	2,7624	2,7624	2,7624	1489	1489	1489	+2	+2	+2
7-7'	16,209	1487	520	525	349	175	2,8571	2,8653	2,8571	1486	1490	1486	-1	+3	-1
8-8'	18,117	1488	469	473	315	158	3,1712	3,1746	3,1646	1487	1489	1484	-1	+1	-4
9-9'	19,928	1499	423	424	282	141	3,5377	3,5461	3,5461	1496	1500	1500	-3	+1	+1
10-10'	21,691	1495	388	390	260	130	3,8462	3,8462	3,8462	1492	1492	1492	-3	-3	-3
11-11'	22,230	1501	380	380	253	127	3,9474	3,9526	3,9370	1500	1502	1496	-1	+1	-5
12-12'	24,133	1499	351	352	234	117	4,2614	4,2735	4,2735	1496	1500	1500	-3	+1	+1
13-13'	25,903	1500	328	328	219	109	4,5732	4,5662	4,5872	1500	1498	1505	0	-2	+5
14-14'	27,976	1506	308	307	204	102	4,8860	4,9020	4,9010	1505	1510	1510	-1	+4	+4

Сравнение результатов измерений ширины пролётов (графы 11, 12, 13) с их истинными значениями (графа 3) показали, что ошибки определений фотографическим способом находятся в пределах от  $-3$  до  $+3$  мм для рейки 1,5 м, от  $-3$  до  $+4$  мм для рейки 1,0 м и от  $-5$  до  $+5$  мм для рейки 0,5 м. Эти данные позволяют сделать вывод, во-первых, о том, что фотографический способ позволяет обеспечивать требуемую точность измерений, и, во-вторых, чем больше величина базиса (в нашем случае рейки), тем точность измерений выше.

На основании данных таблицы 2 построены графики зависимости расстояний  $D$  от количества пикселей, приходящихся на базисы различной длины (рис. 3).

Такие графики могут быть построены для конкретного фотоаппарата, по которым при необходимости можно определять количество пикселей в зависимости от расстояния или расстояние в зависимости от количества пикселей для применяемого базиса определённой длины.

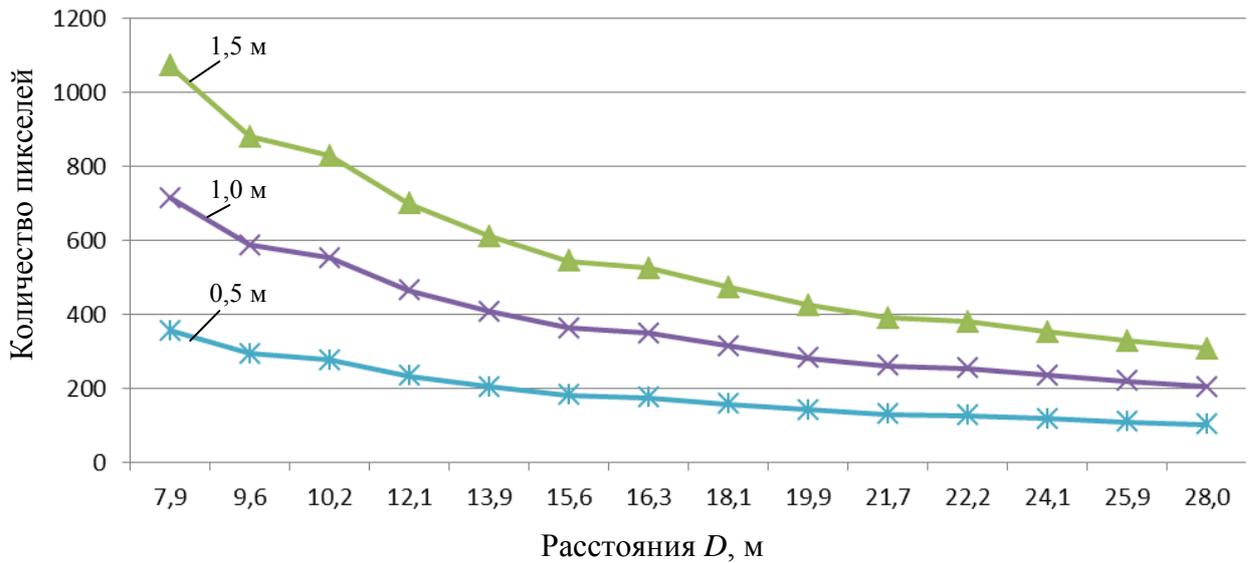


Рис. 3. График зависимости расстояний  $D$  от количества пикселей, приходящихся на базисы длиной 1,5 м, 1,0 м и 0,5 м

Для построения этих графиков были выполнены определения количества пикселей, приходящихся на базисы длиной  $S = 1,5; 1,0; 0,5$  м и расположенные на расстояниях 8-27 м от фотоаппарата с шагом 1 м. Результаты измерений представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты определения «уравнений фотоаппарата» Nikon D3100

№№ п/п	Расстояния $D$ , м	Количество пикселей в базисе длиной $S$		
		$S_1=1,5$ м	$S_2=1,0$ м	$S_3=0,5$ м
1	2	3	4	5
1	8	1064	709	354
2	9	949	633	316
3	10	847	565	282
4	11	774	517	258
5	12	704	470	235
6	13	654	433	218
7	14	607	405	202
8	15	567	378	190
9	16	531	353	176
10	17	504	334	167
11	18	471	312	156
12	19	448	290	145
13	20	415	275	137
14	21	399	266	132
15	22	384	256	128
16	23	367	245	122
17	24	353	235	116
18	25	340	226	114
19	26	327	217	110
20	27	317	210	106

На рисунке 4 приведен пример этих графиков (названных «уравнениями фотоаппарата») для применяемого нами аппарата Nikon D3100 и базисов 1,5 м, 1,0 м и 0,5 м.

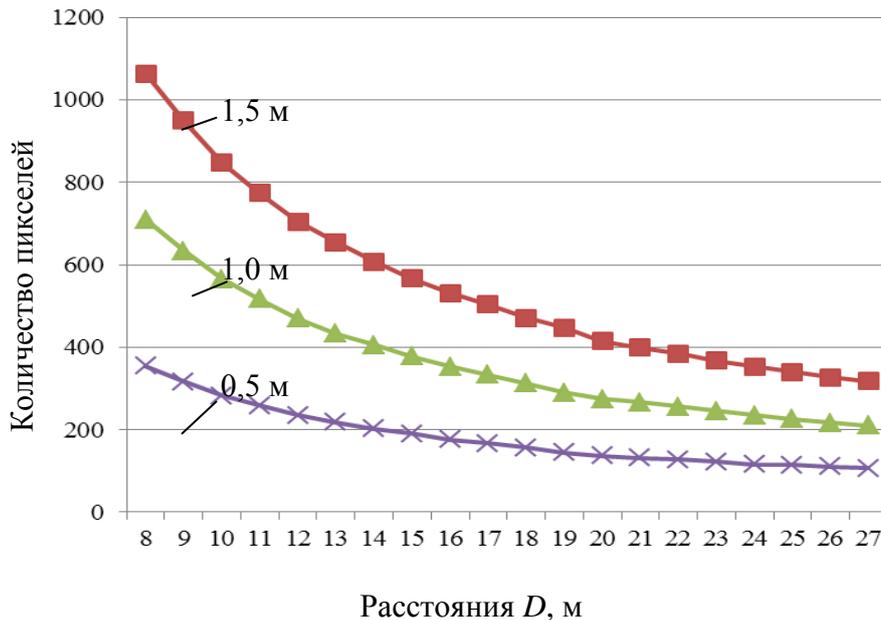


Рис. 4. «Уравнения фотоаппарата» Nikon D3100 для базисов длиной 1,5 м, 1,0 м и 0,5 м

В заключение отметим, что в статье приведен пример определения ширины колеи мостового крана фотографическим способом, знаковое моделирование которого доказало его состоятельность. Установлена геометрическая интерпретация зависимости количества пикселей от расстояния фотографирования для базисов различной длины. Результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что величину базиса желательно выбирать по возможности соизмеримой с величиной исследуемого объекта. А для применяемого фотоаппарата могут быть получены соответствующие уравнения как в графической, так и в аналитической форме, которые в дальнейшем могут быть использованы, например, для контроля прямолинейности подкрановых рельсов фотографическим способом.

#### Литература

1. Шеховцов, Г.А. Современные методы геодезического контроля ходовой части и путей мостовых кранов: монография / Г.А.Шеховцов; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т.— Н.Новгород: ННГАСУ, 1999.—164 с.

### **Экологическая безопасность на объектах газотранспортной сети**

Как известно, все основные месторождения природного газа расположены на значительном расстоянии от крупных потребителей. Подача природного газа к ним осуществляется по магистральным газопроводам различного диаметра. При движении газа из-за разного рода гидравлических сопротивлений по длине трубопровода происходит падение его давления, что приводит к снижению пропускной способности газопровода. Поэтому транспортировать газ в достаточном количестве и на большие расстояния только за счет естественного пластового давления нельзя.

Для поддержания заданного расхода транспортируемого газа и обеспечения его оптимального давления в трубопроводе по трассе газопровода устанавливаются компрессорные станции (КС). Современная компрессорная станция – это сложное инженерное сооружение, обеспечивающее основные технологические процессы по подготовке и транспорту природного газа.

Компрессорная станция неотъемлемая и составная часть магистрального газопровода, обеспечивающая транспорт природного газа с помощью энергетического оборудования, установленного на КС. Она служит управляющим элементом в комплексе сооружений, входящих в магистральный газопровод. Именно параметрами работы КС определяется режим работы газопровода. Наличие КС позволяет регулировать режим работы газопровода при колебаниях потребления газа, максимально используя при этом аккумулялирующую способность газопровода. На магистральных газопроводах различают три основных типа КС: головные, линейные и дожимные.

Головные компрессорные станции (ГКС) устанавливаются непосредственно после газового месторождения и предназначены они для поддержания необходимого давления технологического газа для его дальнейшего транспорта по магистральным газопроводам, когда в результате разработки газового месторождения пластовое давление в нём снижается.

Характерной особенностью ГКС является высокая степень сжатия природного газа на станции, обеспечиваемая последовательной работой нескольких газоперекачиваемых агрегатов (ГПА). На ГКС предъявляются повышенные требования к качеству подготовки технологического газа – очистке от механических примесей, осушке от газового конденсата и влаги, а также удалению, при их наличии, побочных продуктов: сероводорода, углекислоты и т.д.

Линейные компрессорные станции устанавливаются на магистральных газопроводах, как правило, через 100-150 км. Назначением КС является компримирование (повышение давления) поступающего на станцию природного газа, с давления входа до давления выхода, обусловленных проектными данными, для обеспечения постоянного и заданного расхода газа по магистральному газопроводу. Крупные магистральные газопроводы строятся в основном на давлениях  $P=5,5$  и  $7,5$  МПа.

Дожимные компрессорные станции (ДКС) устанавливаются на подземных хранилищах газа (ПХГ). Назначением ДКС является подача газа в подземное хранилище газа от магистрального газопровода и отбор природного газа из подземного хранилища (как правило, в зимний период времени) для последующей подачи его в магистральный газопровод или непосредственно потребителям газа. ДКС строятся также и на газовом месторождении при падении пластового давления ниже давления в магистральном трубопроводе. Отличительной особенностью ДКС от линейных КС является высокая степень сжатия, улучшенная подготовка технологического газа (осушители, сепараторы, пылеуловители), поступающего из подземного хранилища, с целью его очистки от механических примесей и влаги, выносимой с газом.

В состав основного оборудования компрессорной станции входят:

- узел подключения КС к магистральному газопроводу;
- камеры запуска и приема очистного устройства магистрального газопровода;
- установка очистки технологического газа, состоящая из пылеуловителей и фильтр сепараторов;
- установка охлаждения технологического газа;
- газоперекачивающие агрегаты;
- технологические трубопроводы обвязки компрессорной станции;
- запорная арматура технологических трубопроводов обвязки агрегатов;
- установка подготовки пускового и топливного газа;
- установка подготовки импульсного газа;
- различное вспомогательное оборудование;
- энергетическое оборудование;
- главный щит управления и система телемеханики;
- оборудование электрохимической защиты трубопроводов обвязки

КС.

Оборудование и обвязка компрессорных станций приспособлены к переменному режиму работы газопровода. Количество газа, перекачиваемого через КС, регулируется включением и отключением работающих газоперекачивающих агрегатов, изменением частоты вращения силовой турбины ГПА с газотурбинным приводом и т.п. Однако во всех случаях стремятся к тому, чтобы необходимое количество газа

перекачать меньшим числом агрегатов, что приводит, естественно, к меньшему расходу топливного газа на нужды перекачки и, как следствие к увеличению подачи товарного газа по газопроводу.

Регулирование пропускной способности газопровода отключением работы отдельных КС при расчетной производительности газопровода обычно не практикуется из-за перерасхода энергозатрат на компримирование газа при такой схеме работы. И только в тех случаях, когда подача газа по газопроводу заметно снижается, сравнительно с плановой (например, летом), отдельные КС могут быть временно остановлены.

Компрессорная станция в зависимости от числа ниток магистральных газопроводов может состоять из одного, двух и более компрессорных цехов, оборудованных одним или несколькими типами ГПА. Как правило, каждый цех КС работает на свой газопровод. Из-за технологических соображений транспорта газов, компрессорные цеха могут быть соединены специальными перемычками, на входе и выходе станции.

Около потребителей газа строятся газораспределительные станции (ГРС).

Газораспределительные станции предназначены для снижения высокого входного давления газа, подаваемого по газопроводам – отводам к ГРС от магистральных газопроводов потребителю (населенным пунктам, промышленным предприятиям и другим потребителям), до заданного выходного давления и поддержания его с определенной точностью ( $P = 1,2; 0,6; 0,3$  МПа), а также очистки, одоризации и коммерческого учета расхода газа перед подачей потребителю.

Технологическая схема работы ГРС предусматривает следующие технологические процессы обработки природного газа:

- очистка газа от механических примесей и капельной влаги;
- подогрев газа перед редуцированием;
- редуцирование (снижение давления) газа до заданного давления;
- замер количества газа, подаваемого потребителю;
- одоризация природного газа – добавление в природный газ вещества с резким специфическим запахом (одоранта) для обнаружения утечек газа в процессе эксплуатации домового газового оборудования.

Все ранее сказанное свидетельствует о том, что транспорт газа на большие расстояния представляет собой весьма сложную техническую задачу, от решения которой во многом зависит развитие газовой промышленности и экономики страны в целом.

## СОДЕРЖАНИЕ

---

### Техника и технологии строительства.

#### Информатика и вычислительная техника

<i>Бобина Н.А.</i> Факторы, влияющие на учебное архитектурно-строительное проектирование раздела «генеральный план» для гражданских зданий.....	3
<i>Бунтиков И.В.</i> Совершенствование работы водопроводных насосных станций в Нижнем Новгороде.....	7
<i>Быстров Р.В.</i> Применение биомембранной технологии для очистки сточных вод фармацевтического предприятия.....	10
<i>Вавилов В.Е.</i> Применения бестраншейной спирально-навивочной технологии восстановления трубопроводов.....	13
<i>Ваганова Н.Н.</i> Модернизация, как непрерывный процесс-залог стабильной работы канализационных очистных сооружений.....	17
<i>Васильев Р.В.</i> Создание автоматизированного узла учета расхода воды на водопроводной станции (ВС) «Автозаводская».....	21
<i>Грязнова Ю.А.</i> Специализированный малогабаритный интерферометр для измерения остаточных напряжений.....	23
<i>Данилов Д.Е.</i> Технологии очистки природных вод с использованием модифицированных окислителей.....	28
<i>Данилюк А.С.</i> Анализ напряженнодеформированного состояния узлов сопряжения балок со стойками стеллажей.....	32
<i>Дмитриева Н.В.</i> Большепролетные конструкции бионической архитектуры.....	39
<i>Дубровина С.А.</i> Принципы успешного создания и внедрения комплексных информационно-графических систем на предприятиях водопроводно-коммунального хозяйства.....	42
<i>Зайцева В.А.</i> Принцип топологического формообразования в современной архитектуре.....	46
<i>Залугин А.В.</i> Распределение аварийности на сетях Сормовского водопроводного участка.....	51
<i>Зинченко Е.И.</i> К вопросу о возможности эксплуатации дощато-гвоздевых балок с перекрестной стенкой в современных условиях.....	55
<i>Золявин А.С.</i> Сопоставление методов расчета устойчивости откосов земляных плотин.....	57
<i>Кальгин И.Н.</i> Совершенствование реакторов для озонирования воды.....	61
<i>Козлов В.К.</i> Реализация ряда мер по повышению технологической безопасности на водопроводной станции «Ново-Сормовская».....	65

<b>Крутовский Я.К.</b> Университетские городки как «доступная среда».....	70
<b>Кузин В.Ю., Морозов М.С.</b> Определение коэффициента действительной экономии тепловой энергии в многоквартирных жилых домах с поквартирными системами отопления.....	74
<b>Купцова П.П.</b> «Безбарьерная среда» при реконструкции объектов культурного наследия.....	78
<b>Ларионов В.Н.</b> Анализ возможности применения реагентов в системах подготовки воды питьевого качества.....	81
<b>Лобов Д.М.</b> Учет возникновения деформаций ползучести деревянного изгибаемого элемента при усилении углеволокном.....	83
<b>Лысенков Б.Н.</b> Повышение технико-экономической эффективности работы канализационных насосных станций.....	87
<b>Макарова Е.Г.</b> Особенности выработки тепловой энергии в крупных промышленных центрах.....	92
<b>Мартынов Р.Е.</b> Формирование мелководий на равнинных водохранилищах Европейской части России.....	95
<b>Матросова Ю.А.</b> Применение анаэробных аппаратов для очистки концентрированных сточных вод.....	98
<b>Никитин Н.И.</b> Развитие основных принципов института строительной экспертизы.....	102
<b>Новожилов О.Е.</b> Процессы нитрификации и денитрификации в технологиях биологической очистки сточных вод.....	104
<b>Петрушин М.В.</b> Методы натурального исследования температурного режима для его учета при оценке статической работы берегоукрепительных и противооползневых сооружений.....	109
<b>Ратиц Е.М.</b> Концепция применения современных технологий арматурных соединений при возведении объектов использования атомной энергии.....	113
<b>Романов А.С.</b> Исследование несущей способности стального каркаса высотного здания в форме гиперболического параболоида...	117
<b>Роменский С.А.</b> О проблеме передачи данных между пользовательскими программами в информационных технологиях..	119
<b>Руденко С.А.</b> Очистные сооружения ливневых сточных вод.....	126
<b>Скрипский В.Г.</b> Бестраншейная реновация самотечных коллекторов: плюсы и минусы.....	130
<b>Смирнов А.Е.</b> Укрепление берегов водных объектов ячеистыми конструкциями.....	134
<b>Смышляева Я.А.</b> Стальная кровля большепролетного арочного покрытия из пространственных сетчатых панелей двояковыпуклой кривизны.....	138
<b>Степанов Д.В.</b> Оценка технического состояния зданий и сооружений по динамическим параметрам.....	143

<b>Тихонов А.В.</b> К вопросу изучения соединений деревянных конструкций с помощью материалов из углеродного волокна.....	146
<b>Фатеев В.В.</b> Исследования напряженно-деформированного состояния здания, построенного на насыпном основании переменной мощности в Нижнем Новгороде.....	150
<b>Филонов А.Г.</b> О влиянии форм крыш на распределение сверхслабых электромагнитных полей в зданиях.....	155
<b>Фомин С.В.</b> Практика озонирования в обработке питьевых вод.....	160
<b>Шацков В.Е.</b> Применение геоинформационных систем для оптимизации действующих схем водоотведения.....	164
<b>Шунаков Е.А.</b> Укрепление оползневых склонов с применением технологии струйной цементации грунтов.....	169

### Науки о Земле. Экология

<b>Андряшкин А.В.</b> Экологические проблемы переработки и утилизации боя стеклотары.....	174
<b>Вережников А.Е.</b> Термодинамическое обоснование потенциала влажности при расчёте интенсивности влагообмена в биологически активных системах.....	177
<b>Горячева О.А.</b> Захоронение радиоактивных отходов в геологические формации, эффективность метода.....	180
<b>Дейч Л.И.</b> Преимущества перехода на возобновляемые источники энергии в России и мире.....	185
<b>Каминская Е.А.</b> Среда удобная для жизни. Экологическая оценка транспортной системы исторического центра города.....	189
<b>Лагунова В.Г.</b> Оценка эффективности использования географических информационных систем при управлении объектами сети инженерно-технического обеспечения.....	193
<b>Лобозов С.В., Ситнова Т.В.</b> Результаты исследования «линейного» способа определения радиуса сооружения круглой формы.....	197
<b>Лагунова В.Г., Лагунова М.Г.</b> Современные виды информационных ресурсов для управления инженерными сетями города.....	201
<b>Минеева Л.А.</b> Развитие центральных функций в географическом центре Нижегородской агломерации путем развития экосистемных услуг.....	204
<b>Рыжневская Я.А., Щелокова Ю.Д.</b> Некоторые результаты моделирования фотографического способа определения ширины колеи мостового крана.....	208
<b>Цыганов И.В.</b> Экологическая безопасность на объектах газотранспортной сети.....	214